

ELABORACION DEL DULCE DE LECHE APLICANDO LA ENZIMA
LACTASA (B-GALACTOSIDASA)

OLGA MAIGUEL OLACIREGUI

GABRIEL MAIGUEL RÚA

MARIANA POLO SIERRA

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

INSTITUTO DE FORMACION AVANZADA

I.F.A.

ESPECIALIZACION EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SANTA MARTA D.T.C.H.

2000

**ELABORACION DEL DULCE DE LECHE APLICANDO LA ENZIMA
LACTASA (B-GALACTOSIDASA)**

OLGA MAIGUEL OLACIREGUI

GABRIEL MAIGUEL RÚA

MARIANA POLO SIERRA

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en Ciencia y Tecnología en Alimentos**

Director
ALBERTO GARCIA
**Ingeniero químico Universidad Las Américas, especialista
en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA
INSTITUTO DE FORMACION AVANZADA

I.F.A.

ESPECIALIZACION EN CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

SANTA MARTA D.T.C.H.

2000

Nota de aceptación

Jurados

Presidente del jurado

Jurado



Jurado

Santa Marta, 2000

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

La Universidad del Magdalena, por habernos brindado la oportunidad de ampliar nuestros conocimientos.

A Lacteos La Sierra por su colaboración en la realización de los ensayos durante la investigación.

Al SENA por su contribución y apoyo bibliográfico.

A Alberto García Castro, directos y asesor de nuestro trabajo de investigación, por su paciencia y dedicación.

A Armando Lacera Rúa, químico Universidad Nacional, Ms. Sc. Ciencia y tecnología de alimentos, por su loable colaboración y orientación.

Olga, Mariana y Gabriel.

DEDICATORIA

¡Oye hijo mío, la instrucción de tu padre y no desprecies la dirección de tu madre”

(Proverbio)

Doy gracias a Dios porque felizmente dedico esta tesis de grado a mi madre y al SENA, quienes con su apoyo espiritual, moral y económico respectivamente, hicieron posible que alcanzara la meta que un día me tracé.

Mariana

DEDICO A:

Dios, por darme la vida, guiarme por los caminos del bien e iluminarme en momentos de oscuridad.

Mi hija Diana Carolina, quien es mi inspiración en todo lo que hago.

Mi madre, por apoyarme y encaminarme en todo momento.

Olga

DEDICO A:

Dios, a quien le debo la existencia.

Mi madre, por haberme guiado por la senda del bien.

A mi esposa y mis hijos, a quienes amo mucho

PTA
00012
E.1



CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. EL PROBLEMA	17
2. OBJETIVOS	20
2.1 OBJETIVO GENERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	20
3. JUSTIFICACIÓN	21
4. ANTECEDENTES	23
5. MARCO DE REFERENCIA	26
5.1 MARCO TEORICO	27
5.1.1 Consideraciones prácticas de importancia	28
5.1.2 Transmisión de vapor en los evaporadores	30
5.1.3 Leche	31
5.1.3.1 Propiedades físicas y químicas de la leche	32
5.2 FORMULACION DEL AREQUIPE	51
6. DISEÑO METODOLOGICO	52
6.1 DELIMITACION DEL ESPACIO TEMPORAL Y GEOGRAFICO	52
6.2 POBLACION Y MUESTRA	52
6.3 INSTRUMENTOS Y TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN	53

6.3.1	Físico químico	53
6.3.2	Microbiológico	54
7.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	57
7.1	DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN LOS ANÁLISIS DE LA LECHE	57
7.1.1	Determinación de la densidad	57
7.1.2	Determinación de la acidez	58
7.1.3	Determinación de la grasa	60
7.1.4	Sólidos totales y sólidos no grasos	61
7.2	IDENTIFICACIÓN DE PRESERVATIVOS EN LA LECHE	62
7.2.1	Identificación del agua oxigenada	62
7.3	IDENTIFICACIÓN DE NEUTRALIZANTES	63
7.4	RECuento DE MICROORGANISMOS MESOFÍLICOS	66
7.5	NÚMERO MÁS PROBABLE DE COLIFORMES TOTALES	68
7.6	NÚMERO MÁS PROBABLE DE ORIGEN FECAL	68
7.6.1	Técnica test de Mackenzie	70
7.7	EQUIPOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE AREQUIPE	71
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	71
8.1	PROCESO DE ELABORACIÓN	71
8.1.1	Elaboración del arequipe utilizando la enzima lactasa	71
8.2	ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA LECHE UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE	74
8.3	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE	75

8.4	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DEL DULCE DE LECHE UTILIZANDO LA ENZIMA LACTASA	77
8.5	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL AREQUIPE UTILIZANDO LA ENZIMA LACTASA (AL DÍA SIGUIENTE DE ELABORADA)	77
8.6	FORMULACIONES UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE	76
8.7	RENDIMIENTO	80
8.8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	81
8.8.1	Proceso de elaboración	81
8.9	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LECHE ENTERA – DESNATADA	82
8.10	DISTRIBUCIÓN DE INGREDIENTES Y CONTENIDO BROMATOLÓGICO EN LA FORMULACIÓN I; II, Y III PARA AREQUIPE	86
8.11	DISTRIBUCIÓN BROMATOLÓGICA EN DULCE DE LECHE	88
8.12	TASA DE VARIACIÓN DE LACTOSA EN DULCES DE LECHE POR ACCIÓN ENZIMÁTICA	95
8.13	TASA DE TRANSFORMACIÓN ENZIMÁTICA DE LA LACTOSA CON BASE EN SU NIVEL INICIAL	96
8.14	TASA DE TRANSFORMACIÓN ENZIMÁTICA DE LACTOSA CON BASE EN SU NIVEL FINAL	98
8.15	CONTENIDO DE GLUCOSA	99
8.16	VALOR CALÓRICO DE LOS DULCES DE LECHE	101
9.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LA DEGUSTACIÓN DEL AREQUIPE (DULCE DE LECHE)	108
10.	CONCLUSIÓN	123
11.	RECOMENDACIONES	125
	BIBLIOGRAFÍA	126

LISTA DE TABLAS

	pág
Tabla 1. Datos estadísticos de producción y consumo	25
Tabla 2. Propiedades físicas de la lactosa.	43
Tabla 3. Análisis bromatológico del arequipe	83
Tabla 4. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación I para arequipe	84
Tabla 5. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación II para arequipe	85
Tabla 6. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación III para arequipe	86
Tabla 7. Análisis bromatológico parcial del dulce de leche (arequipe). Elaborado con tres formulaciones diferentes	89
Tabla 8. Niveles porcentuales (teórico – práctico) de los ingredientes en las tres formulaciones del dulce	93
Tabla 9. Análisis de azúcares reductores en dulces de leche (Método de Munson Walter)	97
Tabla 10. Tasa de transformación enzimática de lactosa (%)	103
Tabla 11. Resultados obtenidos durante la degustación del arequipe	107
Tabla 12. Valores de frecuencia resultante durante la degustación del arequipe según formulación I	115

Tabla 13. Valores de frecuencia resultante durante la degustación del arequipe según formulación II 116

Tabla 14. Valores de frecuencia resultante durante la degustación del arequipe según formulación III 117

LISTA DE CUADROS

	pág
Cuadro 1. Datos estadísticos de producción y consumo del arequipe en Colombia	25
Cuadro 2. Análisis bromatológico	55
Cuadro 3. Análisis bromatológico de leche entera - desnatada	83
Cuadro 4. Resultado de los catadores arequipe x	113
Cuadro 5. Resultado de los catadores arequipe y	114
Cuadro 6. Resultado de los catadores arequipe z	114

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Molécula de lactosa	41
Figura 2. Diagrama de flujo	73

INTRODUCCIÓN

La primera información sobre el dulce de leche data de la época colonial americana siendo su origen poco conocido. Se supone que surgió en los países costeros del río de la plata (Uruguay y Argentina).

Es importante considerar que la leche presenta tres características importantes que son: variabilidad, alterabilidad y complejidad que de una u otra manera inciden en la calidad final del producto que se fabrique con ella. Como ejemplo de lo anterior puede mencionarse que la variabilidad está sujeta a factores como la alimentación.

Uno de los parámetros importante a controlar en la leche destinada a la elaboración del dulce de leche (arequipe) es la acidez, la cual puede expresarse en grados Dornic que es igual a 0.01% de ácido láctico.

La leche destinada a la fabricación de este producto debe tener una acidez no mayor a 19 °Dornic debido a que durante el proceso de elaboración la acidez inicial aumenta proporcionalmente pudiendo ocurrir la coagulación de las proteínas.

La principal proteína de la leche, la caseína, precipita a la temperatura de proceso a un PH entre 4,6 y 4,8 la que equivale a una acidez entre 30 y 45°

Con la leche se obtiene una variedad de derivados entre ellos: arequipe, mantequilla, yogurt, queso, etc. Siendo el arequipe uno de los derivados más apetecido y muy nutritivo; rico en proteínas y calorías. De gran consumo tanto para niños, jóvenes y adultos. Comercialmente se consigue en las diferentes combinaciones y muy utilizado en la repostería, es por eso, que en nuestro trabajo de grado hemos investigado para conseguir una formulación que permita ser un producto con mejores características. Además de no presentar cristalización por periodo largo mediante la adición de la enzima lactasa

Pretendemos dar una guía para que en su elaboración se le adicione la enzima como para obtener un producto de excelente calidad tanto para el productor como para el consumidor.

1. EL PROBLEMA

El dulce de leche conocido desde la época colonial en América Latina como postre casero, recién se comenzó a elaborar en escala industrial, a principios de este siglo¹.

Se obtiene por concentración de una mezcla de leche y sacarosa como materias primas principales, interviniendo ambas en diferentes proporciones de acuerdo al grado de concentración del producto que se desea obtener y el tiempo que mediara entre la elaboración del dulce y su posterior consumo.

Una de las alteraciones más frecuente que se presenta en el dulce de leche es el fenómeno conocido como "Azucaramiento" debido a la cristalización de la lactosa de la leche. Este defecto puede deberse a diferentes causas como:

- ❖ Excesiva concentración del producto y por lo tanto sobresaturación de azúcares, cristalizando la lactosa que es menos soluble.
- ❖ Excesiva cantidad de sacarosa. Si esta se encuentra en un alto porcentaje

¹ LUVREMA J. Aplicaciones e lactasa para el dulce de leche. En: Gist Brocades. 25 p.

en relación a los sólidos de la leche, el proceso de cristalización de la lactosa se acelera.

❖ Almacenaje prolongado. En envase no herméticos, la evaporación que ocurre durante el almacenaje, provoca una concentración excesiva de los sólido y por ende cristalización. En envase de cierre hermético este fenómeno también se presenta, ya que los pequeños cristales de lactosa, imperceptibles en el momento del envasado, aumentan de tamaño o se agrupan en núcleos que le dan al dulce ese aspecto y textura arenosa.

❖ Cuando la conservación es a temperaturas, demasiado bajas, el dulce de leche cristaliza rápidamente.

Por otro lado debido a la baja actividad de lactasa en el intestino en los adultos, la ingestión de lactosa en ciertas cantidades puede causar problemas. En tales casos solo una porción de la lactosa es hidrolizada y el resto pasa a la parte inferior del intestino donde es fermentada por las bacterias, debido al efecto hiperostomótico de la lactosa no hidrolizada pasa gran cantidad de líquido al lumen intestinal. Esta intolerancia de la lactosa se caracteriza por meteonismo, calambres, flatulencia y diarrea líquida²

¿Será posible, mediante la aplicación de la enzima lactasa disminuir la

² HOYD, I. I.; MAC DONALD, B. E. y CRAMPTON, E. W. Fundamentos de nutrición. España: Acribia. 1982. 464 p.

cantidad de lactosa para evitar la cristalización del dulce de leche y su intolerancia?

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL

- ❖ Determinar si mediante la aplicación de la enzima lactasa es posible obtener un dulce de leche no cristizable.

2.2 ESPECIFICOS

- ❖ Lograr un método adecuado de aplicación de la enzima lactasa.
- ❖ Identificar la formulación de la enzima lactasa para la obtención del dulce de leche no cristizable.
- ❖ Determinar los cambios en color, textura, aroma y sabor del dulce de leche por la adición de la enzima lactasa.
- ❖ Mediante análisis Bromatológico determinar la composición del producto.

3. ANTECEDENTES

Pese a las controversias sobre su origen, la historia cuenta que el dulce de leche nació en Argentina un 17 de julio de 1829³. La confusión llega por otro postre llamado "manjar blanco" que si bien es una cocción de leche y azúcar se espesa con fécula de maíz o gelatina, continua siendo totalmente blanco.

Los hechos nos conducen a 1829 en Cañuelas, provincia de Buenos Aires durante un encuentro entre el General Lavalle y Juan Manuel de Rosas. Ambos habían firmado el 24 de junio el Tratado de Cañuelas con el fin de concluir las hostilidades y llamar a elecciones para entregar la junta de representantes. El 17 de julio Lavalle llegó al campamento de De Rosas muy cansado de cabalgar, pidió verlo para tratar asuntos pendientes. Como este tardaba no resistió la tentación de echar la siesta en un catre de campaña que había a la mano, pero quedó profundamente dormido.

Una mulata que preparaba la lechada (leche caliente, con azúcar) para el mate, al ver al "enemigo" acostado en el camastro de De Rosas fue a buscar ayuda para sacarlo de allí. En su premura olvido la leche sobre las brasas y este quedo hirviendo lentamente cuando volvió con refuerzos, lo hizo al mismo tiempo que don Juan Manuel quien ordeno no interrumpir el sueño de su "hermano de leche"

³ CAGLIANI, Martín A. Estudiante de antropología, arqueológica e historia en la facultad de filosofía y letras de la Universidad de Buenos Aires, Argentina. P. 38

(los había amamantado la misma nodriza) Lavallo recién despertó al día siguiente más al retornar la mulata junto al fogón encontró la "lechada" convertida en una especie de jalea color marrón claro. Ella misma o algún soldado goloso probó aquel dulce y en su entusiasmo convidó a los que estaban alrededor: había nacido el dulce de leche.

4. JUSTIFICACION

Existen en el mercado dos tipos de dulce de leche. El de consumo familiar y de uso industrial o pastelero. Por ello, la demanda del arequipe exige un producto menos perecedero, de mejor textura y sabor.

En Colombia según datos suministrados por el DANE⁴ (véase cuadro 1), se ha notado a través del tiempo un incremento notable en la producción. En el cuadro N° 1 se observa que se paso de una producción en 1985 de 1.904.325 kg a 5.808.383 kg en 1995, lo cual significa un aumento en la producción del 205%. igualmente se observa que las ventas han pasado de \$ 6.328.643.000 en 1992 a \$ 14.459.790.000 en 1995 lo que arroja un aumento del 128,48% datos que señalan la creciente importancia que ha adquirido el arequipe en el país desde el punto de vista industrial como de la cultura alimenticia.

Para obtener un producto con todas las características de frescura y de buena calidad se presenta la alternativa de la utilización de la enzima lactasa que impide la cristalización debido a que hidroliza la lactosa en glucosa y galactosa, produciendo un dulce con mejor textura, color y sabor ofreciéndole al consumidor un producto de mejor presentación que resiste un almacenamiento más

⁴ DANE. En: Anuarios de Industria Manufacturera. 1975 a 1995

prolongado de los que ofrece hoy en día el comercio o mercado.

Dado el mayor poder edulcorante que presenta la glucosa y la galactosa con respecto a la lactosa, se puede disminuir la cantidad de sacarosa a utilizar en productos lácteos como el dulce de leche lo cual disminuye el riesgo de cristalización de la lactosa.

Cuadro 1. Datos estadísticos de producción y consumo del arequipe en Colombia

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA – DANE
PRODUCCION Y VALOR DE AREQUIPE 1975-1995
CANTIDADES VENCIDAS Y VALOR DE VENTAS 1992-1995

AÑO	Producción		VENTAS	
	CANTIDAD (kg)	VALOR TOTAL	CANTIDADES (kg)	VALOR TOTAL
1975	36.673	807.127		
1976	604.987	23.425.628		
1977	652.532	27.529.621		
1978	820.787	38.300.077		
1979	807.327	58.280.733		
1980	1.238.583	109.143.000		
1981	1.840.837	230.810.000		
1982	1.839.654	393.741.000		
1983	1.804.858	406.204.000		
1984	2.098.928	446.958.038		
1985	1.904.325	540.644.000		
1986	2.146.462	776.325.000		
1987	2.834.985	1.253.567.000		
1988	2.867.786	1.636.434.000		
1989	3.311.384	2.415.342.000		
1990	3.569.451	3.286.112.000		
1991	3.720.443	4.245.319.000		
1992	6.482.739	6.421.012.000	5.067.985	6.328.643.000
1993	4.799.557	8.872.739.000	4.804.562	9.025.108.000
1994	5.673.936	14.532.085.000	5.341.391	13.704.022.000
1995	5.808.383	14.116.823.000	5.606.626	14.459.790.000

Fuente: Anuarios de industria manufacturera años 1975 a 1995

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1 MARCO TEORICO

El arequipe conocido en otros países como dulce de leche es el producto originario de mezclar la leche, el azúcar y el bicarbonato de sodio, operación realizada en una marmita o evaporador hasta una concentración parecida a la leche condensada y en un tiempo determinado hasta darle el gusto característico y color acaramelado⁵.

La leche debe ser de buena calidad fisicoquímica y microbiológica, y no debe tener más de 48 horas, contadas desde el momento del ordeño y debe poseer un alto porcentaje de sólidos totales. Los azúcares que participan en la mezcla son glucosa y sacarosa.

Como la materia prima contiene más agua de la que es necesaria en el producto final, la forma más fácil de extraer el agua es, en general, evaporándola aplicando calor⁶.

Los factores principales que afectan la velocidad de evaporación son;

⁵ <http://www.Fruttitub.Com/queesarequipe.htm>

⁶ Earle, R. L. 1979

- a) La velocidad en que se puede transferir calor al líquido.
- b) La cantidad de calor necesaria para evaporar cada kilogramo de agua.
- c) La máxima temperatura permisible por el líquido.
- d) La presión a la que tiene lugar la evaporación.

El evaporador cumple con dos funciones principales:

Intercambiar calor y separar del líquido el vapor que se ha formado.

5.1.1 Consideraciones prácticas de importancia. Las consideraciones prácticas de importancia son:

- a. La máxima temperatura permisible, que puede ser substancialmente inferior a 100 °C.
- b. Promover que el líquido circule a través de la superficie de transmisión de calor, a fin de obtener unos coeficientes de transmisión de calor razonablemente elevados y prevenir recalentamientos locales.
- c. La viscosidad del fluido, que normalmente aumenta substancialmente

a medida que la concentración de las sustancias disueltas se incrementan.

d. Cualquier tendencia a formar espuma, que dificultará la separación del líquido y el vapor.

5.1.2 Transmisión de vapor en los evaporadores. En los evaporadores la transmisión de, calor viene regida por las ecuaciones de transmisión de calor a líquidos en ebullición y por las ecuaciones de convección y conducción.

La capacidad del evaporador es determinada por la cantidad de vapor transferido a la mezcla líquida por el intercambiador de calor. Si q es la cantidad de calor transferido, P la masa del producto a concentrar, C_e el calor específico de la mezcla, V la masa del vapor, h_g la entalpía del vapor, h_f la entalpía del agua de alimentación que es convertida en vapor, T_1 la temperatura inicial de la mezcla a concentrar, y T_2 la temperatura de la leche en el evaporador, un balance de calor daría:

$$q = Pc_e(T_2 - T_1) + V(h_g - h_f) \quad (1)$$

La rata de transferencia de calor se puede expresar como:

$$Q = UA\Delta T \quad (2)$$

Un balance de materia seria:

$$P = \frac{Fx_f - V}{X_p} \quad (3)$$

$$V = Fx_f - Px_p \quad (4)$$

y

Las ecuaciones (1) y (4) se pueden utilizar para calcular la capacidad del evaporador en término de una rata de alimentación F , conociendo el contenido de los sólidos, x_f , iniciar el contenido de sólidos final, x_p y la cantidad de calor transferido en el intercambiador de calor.

La temperatura en el evaporador es determinada por la presión absoluta en la cámara de vapor. La temperatura del vapor es la temperatura del vapor saturado a la presión absoluta dentro de la cámara.

La temperatura de un líquido puede ser la misma que la del vapor, pero el punto de ebullición del líquido se eleva, debido a los sólidos que contiene la mezcla o solución, lo cual conlleva a que la temperatura de la leche, en este caso, sea mayor que la temperatura del vapor.

En los casos como el presente, en que los sólidos solubles son fundamentalmente orgánicos, el aumento ebulloscopio se expresa como sigue:

$$\Delta T_b = 0.51 m \quad (5)$$

Donde: ΔT_b en $^{\circ}\text{C}$ es el incremento del punto de ebullición de la leche con molalidad m , con respecto al punto de ebullición del agua en estado puro a la presión absoluta dada⁷. Adicionalmente, el punto de ebullición de la leche en el fondo del recipiente, debido a que la presión allí es mayor que la presión absoluta del vapor, aumenta. La presión ejercida por la columna de leche de altura h , y densidad, P , es:

$$P = P(h) \left(\frac{g}{g_c} \right)$$

Donde: $g_c = 1$ cuando se utilizan unidades SI.

5.1.3 Leche. La leche es un líquido secretado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría.

Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco de sabor dulce y reacción iónica (pH) próxima a la neutralidad. La función natural de la leche es la de ser el alimento exclusivo de los mamíferos jóvenes durante el periodo crítico de su

⁷ TOLEDO, Romes T. 1980

existencia, tras el nacimiento cuando el desarrollo es rápido y no puede ser sustituido por otros alimentos⁸.

5.1.3.1 Propiedades físicas y químicas de la leche. La leche ofrece una serie de características fisicoquímicas, algunas de las cuales como la densidad, refractometría y crioscopía tienen gran interés porque permiten descubrir los fraudes de dicho alimento, especialmente el aguado, mientras que hay otros que presentan extraordinaria importancia desde el punto de vista de las transformaciones industriales de dicho alimento. La reacción por ejemplo influye enormemente en el proceso de elaboración del queso, la viscosidad en la preparación de los helados y productos comerciales y el conocimiento de la tensión superficial permite explicar la formación de la espuma y otros procesos de la fabricación de natas y mantequillas⁹.

❖ **Densidad.** La densidad es la masa de la unidad de volumen a una determinada temperatura, la unidad de volumen es el centímetro cúbico, pero en la práctica se emplea el litro que tiene una masa en promedio de 1,032 kilogramos.

En la práctica se utiliza la gravedad específica.



⁸ ALAIS, Charles. 1985

⁹ CESAR AJENJO, Cecilia. Enciclopedia de la leche. Madrid: Espasa – Calpe, S. A., 1956. P. 378 - 380, 382, 386, 390.

$$\text{Gravedad específica} = \frac{\text{Densidad de la leche}}{\text{Densidad del agua}}$$

La gravedad específica es normalmente tomada a 15 grados centígrados o corregida a esta temperatura.

La gravedad específica de leches individuales puede estar comprendida entre 1.013 y 1.039. En las de mezclas va de 1.030 a 1.034. Pero en la práctica es muy raro que descienda de 1.029 y supere a 1.034.

Depende de dos factores: extracto seco magro que lo incrementa y de la grasa que por ser más ligera que el resto de los componentes de la leche la hace descender.

La determinación de la densidad sirve para averiguar la adición de agua. Este método ofrece algunos inconvenientes para su aplicación ya que en las leches individuales la adición de agua no puede ser descubierta porque las variaciones de la densidad son amplias. En las de mezclas, por ejemplo, la adición de 10 a 100 gramos de agua la hace descender solo a 1.032 y por lo tanto la determinación no permite sospechar el fraude.

En una leche de 1.032 g/cc de densidad si se le añade nata con el fin de enriquecer su materia grasa hasta que este alcance su nivel aproximado de 4% se

verá que la densidad desciende a 1.028. La simple determinación de la densimetría para averiguar la calidad de la leche no haría sospechar su adulteración y en realidad sus condiciones serían excelentes.

En la leche de 1.032 de densidad si se separan toda la nata, aquella constante física se elevaría a 1.036 y si a continuación el mismo producto se le adiciona agua se le obligaría a descender a 1.032. Es decir mediante el aguado y el desnatado se habría conseguido un producto perfecto por su densidad pero que en realidad habría sufrido una doble adulteración¹⁰. Debido a este fenómeno, mediante la densidad y el análisis de grasa se puede averiguar si la leche es adulterada.

❖ **Refracción.** la determinación del índice de refracción de la leche, precisa previamente su coagulación y la separación del suero que es el que se ha de observar en el refractómetro.

Mediante el refractómetro aplicado al suero se averigua la cifra de separación y por este mediante las tablas que varían según el método seguido para coagular la leche se determina el correspondiente índice aunque existen aparatos que lo averiguan directamente. Con adición de agua la leche disminuye el índice de refracción por tanto la determinación de este permite averiguar el fraude conocido con nombre de aguado.

¹⁰ Ibid

El índice de refracción determinado sobre el suero obtenido por coagulación de la leche con ácido acético está comprendido para la de vaca entre 1,3430 y 13445¹¹.

❖ **Punto de congelación o crioscopía.** La ebullición se efectúa a puntos críticos distintos a los del agua, el de la primera es ligeramente superior al de esta última aproximadamente 100,17 y el del segundo oscila alrededor de $-0,55^{\circ}$.

Se sabe que cuando varias sustancias están disueltas en un líquido el punto de congelación de la solución respecto al disolvente baja o sube con relación al peso molecular de los cuerpos disueltos, por lo tanto dos soluciones Isotónicas son al mismo tiempo, Isocrioscópicas, es decir que si la presión osmótica es idéntica, el punto de coagulación será el mismo.

Inversamente a este razonamiento conocido el punto de congelación de una solución, la adición o sustracción de algunos de sus componentes determinará una variación de su crioscopia.

El grado de congelación varía generalmente entre $-0,537$ a $-0,582$.

Desciende el punto crioscópico con la adición de cloruro (sal común) bicarbonato sódico, bicromato de potasio e incremento natural de la cantidad de lactosa y de la acidez, porque aumenta la concentración molecular. El aguado por el contrario

¹¹ Ibid

disminuye la concentración y por consiguiente disminuye el punto crioscópico. Los constituyentes solubles (lactosa y sales) determinan el punto de congelación y son los responsables para que este sea menor que el del agua. Muchas de las variaciones comprobadas en la determinación de la crioscopia son debidas a la acidez, pues al desdoblarse una molécula de lactosa en cuatro de ácido láctico se produce un aumento en la concentración iónica, por lo que admite que el punto crioscópico, está supeditado a la mayor o menor acidez de la leche. Por lo tanto algunos investigadores dicen que la crioscopia solo tiene un valor en la determinación de los fraudes de la leche muy fresca¹².

❖ **Reacción iónica.** La leche normal se comporta como un compuesto anfotérico, lo que significa que puede reaccionar como una base y un ácido, ya que cambia el papel rojo de litmus a azul y el papel azul del litmus a rojo.

La concentración de iones de hidrógeno en la leche varia 6.5 a 6.7, en casos graves de mastitis el pH puede llegar 7,5 y en presencia de calostro puede bajar 6.0. Cuando la leche fresca es titulada con hidroxido de sodio 0,1N usando fenolftaleina como indicador, da una acidez equivalente a 0,10 – 0,26 % de ácido láctico, cuyo promedio esta entre 0,14 y 0.18 % de acidez titulable expresada como ácido láctico¹³

¹² Ibid

¹³ ALAIS, Charles, Tomo 3. 1970.

El pH no solamente puede medirse por métodos colorimétricos, sino potenciométricos.

La acidez se incrementa principalmente por causa de la fermentación láctica como consecuencia de esto se forma Ácidos principalmente el láctico que alcanza del 80 al 90 % del total de los producidos.

El olor y el sabor agrio no guardan relación con la cantidad de ácidos existentes en la leche. Debe tenerse en cuenta que de éstos el ácido láctico que es el más importante no es volátil y por lo tanto casi no contribuye al gusto agrio.

La acidez sirve para examinar las condiciones de la leche desde el punto de vista industrial, pero en el aspecto sanitario dicho producto láctico puede considerarse como bueno por contener 0,19 % de acidez y sin embargo poseer millones de gérmenes.

❖ **Calor específico.** El calor específico de un líquido está representado por el número de calorías o frigorías necesarias para elevar o bajar su temperatura en 1 °C y se refiere a la unidad de masa del mencionado líquido.

En el agua la unidad de calor específico es una caloría que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un 1 g de agua 1 °C (de

14,5 °C a 15,5 °C). en la leche se han encontrado los siguientes valores: 0,92 a 0 °C, 0,94 a 15 °C, 0,93 a 40 °C y 0,92 a 60 °C calorías por gramos.

La leche es un sistema biológico muy complejo en el que se presentan tres estados físicos de dispersión de sus múltiples constituyentes:

- a) la lactosa
- b) las proteínas
- c) sustancias liposolubles

Composición de la leche¹⁴: (en gramos / litro)

• Materia grasa	35 – 40
• Proteínas	31 - 35
• Carbohidratos	47- 52
• Iones inorgánicos y sales orgánicas	9 – 9,5

¹⁴ VEISSEYRE, Roger. Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. 2 ed. España: Acribia. 629 p.

- Agua 873,8¹⁵

❖ Azúcares

Los carbohidratos que deben añadirse a la leche como materia prima para la elaboración del dulce de leche son: la glucosa y la sacarosa.

Respecto al porcentaje de azúcar y su relación con el grado de concentración final del producto, debe considerarse que mientras mayor sea esta última la cantidad de azúcar debe ser menor. Ello se justifica por que a una mayor concentración, menor será el contenido de agua del producto, dificultándose la solubilidad de la lactosa y de la sacarosa, lo que trae como consecuencia la cristalización de esta y el azucaramiento del dulce.

➤ **Sacarosa.** La Sacarosa (β - D - Fructofuranosil - α - D - Glucopiranosido).

Está integrado por una molécula de glucosa cuyo carbono aldehídico se une al cetónico de la fructosa, estableciéndose un enlace glucosídico (B - 1,2) que impide que este disacárido sea reductor por carecer de grupos aldehídicos o cetónicos, libres. La fructuosa que contiene está como furanosa tensionada lo que hace que el enlace glucosídico sea muy débil al calor y a los ácidos y se pueda hidrolizar fácilmente produciéndose una mezcla alternante reductora de los

¹⁵ Ibid

componentes monosacáridos. De hecho entre todos los disacáridos esta unión es de lo más sensible.

La Sacarosa tiene un grado de solubilidad muy alto, una gran capacidad de hidratación y es menos higroscópica que la fructosa. Todas estas características hacen que se emplee en la elaboración de diversos alimentos. Comercialmente se obtiene de la caña de azúcar y de la remolacha, abunda en forma natural en las frutas, en las raíces y en los granos en concentraciones que varían de manera considerable según el grado de madurez de estos productos¹⁶.

Se conoce con el nombre de azúcar invertido a la mezcla de azúcares producida cuando la sacarosa se hidroliza química o enzimáticamente. El nombre de inversión se refiere al cambio de poder rotatorio que se observa durante dicha hidrólisis

La sacarosa es dextrorrotatoria (+66) pero al transformarse en glucosa (+52) y en fructosa (-92), la mezcla resultante desarrolla un poder levantatorio (-20) por la fuerte influencia de la fructosa. Es a este giro de +66 a -20 a lo que se llama inversión.

La sacarosa es fácilmente soluble en agua, lo cual es mayor en agua caliente. A 0° C la solubilidad es de 64,18% y a 100° C 82,97%.

¹⁶ BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos, México. Alambra mexicana, S. A. de C.V. 1981. P. 62.

➤ **Lactosa.** Es el principal carbohidrato de la leche y se forma a partir de glucosa de la sangre en los mamíferos, 10 veces menos soluble que la sacarosa, aumentando su solubilidad en caliente (véase el cuadro 2). Debido a esto es que cristaliza cuando se enfrían las soluciones saturadas quedando los cristales de mayor tamaño cuando el enfriamiento es lento. Lo anterior es posible evitar mediante procedimientos adecuados que se revisarán mas adelante.

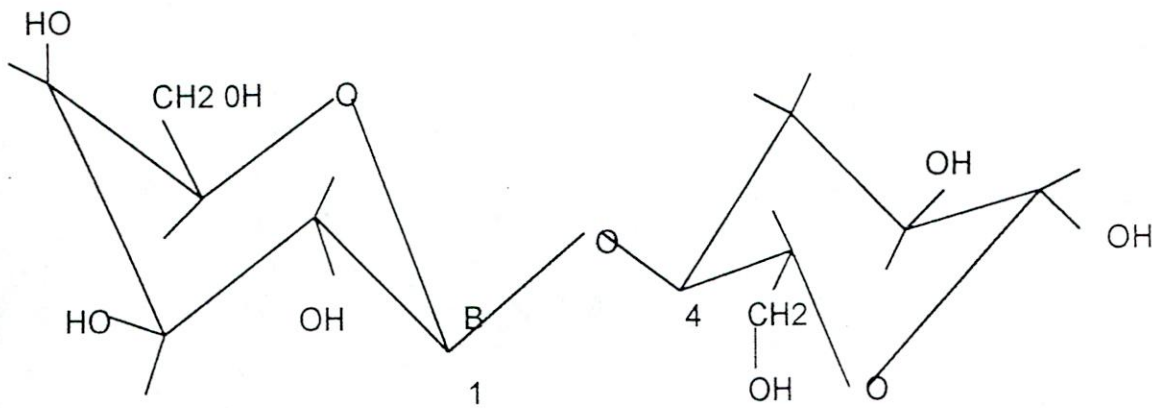
Es aproximadamente el 54% de los sólidos totales no grasos contenido en la leche. Ello contribuye en un 30% en las calorías de la leche entera. La leche de vaca contiene cerca de un 4,6% de lactosa en comparación con el 7% en la leche humana.

La lactosa (4 – 0 – β – D – galactopironosido – D – glucopiranososa) se encuentra exclusivamente en la leche de los mamíferos y esta constituida por una molécula de galactosa y otra de glucosa, unida mediante un enlace glucorídico β (1,4). Debido a que el carbono anomérico de la glucosa está libre, este disacárido presenta las características de los azúcares reductores. Existe en los isómeros α y β y por lo tanto presenta el fenómeno de mutarrotación. De los disacáridos de importancia en alimentos la lactosa es el menos soluble y dulce, ya que solo representa el 25% del poder edulcorante de la sacarosa.

Algunos grupos étnicos no lo toleran fundamentalmente porque carecen de la enzima β – D – galactosidasa llamada lactasa en el jugo intestinal del sistema digestivo.

Por su poder absorbente la lactosa se utiliza en la industria para retener compuestos que imparten sabores, aromas y colores y al igual que la maltosa se emplea en la panificación, pues interacciona fácilmente con proteínas y producen pigmentos mediante las reacciones de Maillard¹⁷.

Figura 1. Molécula de lactosa¹⁸



La lactosa existe en dos formas isoméricas α y β , que se diferencian por sus propiedades físicas. Teóricamente ambas pueden presentarse hidratadas o anhidras. Sin embargo las más estables son las α hidratadas y la β anhidra. Cabe indicar que una solución de lactosa siempre se tiende al equilibrio entre ambas formas pero generalmente siempre hay más β que α ya que la primera es más soluble en agua.

La producción de ambos isómeros se lleva a cabo por la cristalización controlada

¹⁷ Ibid. P. 67

¹⁸ Ibidem

De una solución saturada del disacarido. Si este proceso se efectúa $< 93,5^{\circ}\text{C}$ se produce la L hidratada que tiene un cristal duro y es la de mayor tamaño.

Si la temperatura es $> 93^{\circ}\text{C}$ se obtiene la B anhidra en forma de pequeñas agujas que son más solubles y dulce que la anterior. Comercialmente la lactosa cristalina se encuentra como L hidratada pero esta se convierte en B al disolverse en agua ya que se presenta la mutarotación.

Cuando se almacena a bajas temperaturas en la leche evaporada se provoca la cristalización de la L hidratada. Si esto ocurre el producto presenta una textura "arenosa" desagradable, ya que los cristales se perciben como pequeños granos de arena¹⁹.

¹⁹ Ibid P. 587

Tabla 2. Propiedades físicas de la lactosa²⁰

	Isómeros de la lactosa	
	L	β
♦ Poder rotatorio	+ 89	+ 35
♦ Temperatura de fusión	202° C	252° C
♦ Concentración de equilibrio a 15°	38%	62%
♦ Cristalización de las soluciones saturadas por encima de 94° C	—	B anhidra
♦ Por debajo de 94 °C	∞ anhidra	—
♦ Solubilidad a 15° C (g/100g H ₂ O)	7	50
♦ Solubilidad a 100° C (g/100g H ₂ O)	70	95

➤ **Glucosa.** La glucosa es el monosacárido más abundante, se encuentra en diferentes frutas y hortalizas, tales como cebolla, manzanas fresca, y su concentración depende básicamente del grado de madurez del producto. Debido a que es Dextrorrotatoria. También se conoce como Dextrosa, como es muy abundante en la uva se le dice azúcar de uva. La glucosa es el azúcar normal de la sangre y tejidos corporales utilizado por las células como fuente de energía. Cuando una solución de glucosa se deja en reposo, puede observarse un cambio en su rotación específica.

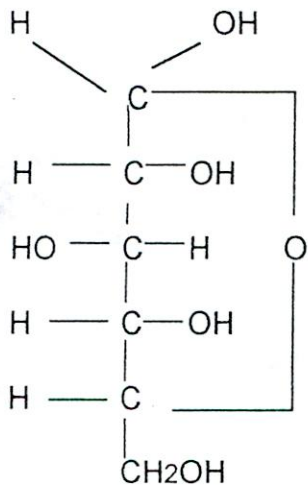
Soluciones acuosas recién preparadas de glucosa cristalina suelen presentar una rotación específica hasta + 113 grados, mientras que la glucosa cristalizada a partir de la piridina presenta una rotación específica tan baja como + 19 grados.

²⁰ Ibidem

por reposo ambas soluciones cambian en rotación hasta alcanzar un valor de equilibrio de + 52.5 grados.

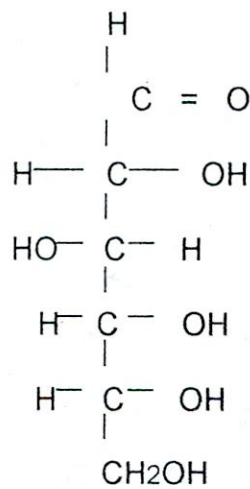
Cuando el isómero α o β se disuelven en agua, se forma una mezcla en equilibrio de 37% de α y 63% de β , con rotación especificada de 52.5°²¹

Su fórmula química es la siguiente:



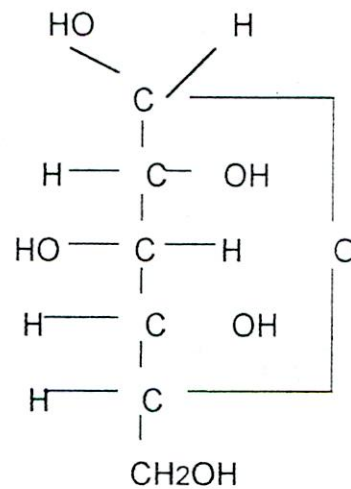
α - D - Glucosa

+ 113



D - Glucosa

forma de cadeneta



β - D - Glucosa

+ 190

❖ **Enzima.** Una enzima es un catalizador biológico que lleva a cabo reacciones bioquímicas a muy altas velocidades y con un elevado grado de especificidad, en su ausencia la mayoría de las reacciones o transformaciones químicas, requeridas

²¹ Ibid. P. 47

para mantener activas las células, tardarían mucho tiempo en efectuarse o simplemente no procederían.

Su nombre proviene del griego y significa "en la levadura" ya que a finales del siglo pasado cuando se creó el término se pensaba que estos compuestos solo actuaban en el interior de las células.

Las enzimas son proteínas formadas por una célula viva que catalizan una reacción termodinámicamente posible disminuyendo la energía de activación, de manera que el ritmo de reacción resulta compatible con las condiciones existentes en la célula. Una enzima no cambia el ΔG , o constante de equilibrio de una reacción²².

Todos los animales y vegetales al igual que los hongos, levaduras y bacterias sintetizan los enzimas, de hecho su acción esta estrechamente ligada con cualquiera de las etapas biológicas (nacimiento, germinación, desarrollo, crecimiento, reproducción, muerte, etc.) de todos los tejidos activos. Debido a esto los alimentos contienen una variedad de enzimas endógenas que les provocan cambios benéficos y dañinos, además de los que provienen de las distintas contaminaciones microbianas. Por esta razón es muy importante conocer las actividades enzimáticas.

²² Ibid. P. 281.

➤ **Enzima lactasa.-** β – Galactosidasa – recombinante en levadura. (Beta – D – galactosidogalactohidrolasa). La Betagalactosidasa (lactosa) es producida en cultivo sumergido de una cepa de levadura recombinante *Sacharomyces lactio*. Esta enzima cataliza la hidrólisis de la lactosa, escindiéndola en glucosa y galactosa. Brinda la posibilidad de consumo de leche por pacientes intolerantes a la lactosa, en individuos con enfermedades diarreicas agudas (EDA) fundamentalmente lactantes, para los que la leche constituye un alimento insustituible así como en la preparación de leche condensada, helados, yogur y otros derivados lácteos²³.

➤ **Determinación de actividad enzimática.** La actividad de una enzima está afectada por muchos factores. Los más importantes son la concentración de sustrato y de enzima, la temperatura y el pH. Además el ritmo de reacción enzimática está afectado por la naturaleza de los productos terminales, la presencia de inhibidores, y la luz. La actividad puede medirse vigilando el cambio químico catalizado por la enzima. El sustrato se incuba con la enzima en condiciones favorables y se toman muestras con intervalos breves para analizar los productos terminales, o para analizar la disminución de concentración de sustrato.

Una unidad de enzima se define como 1 nm de D – Nitrofenol producido por minuto bajo las siguientes condiciones de ensayo:

²³ <http://www.cigb.edu.cu/e/gala.e.html>

Sustrato – orto – nitrofenol – β – D – Galactopiranosido – 0,2 mg/ml

Tiempo de reacción: 1 – 2 minutos

pH – 7

Temperatura; 30° C

Tiempo de reacción: 1 minuto

♦ Tampón: Na $2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.06 M; Na H_2PO_4 0.04 M, Kel, 001M; MG SO_4 7
H $_2\text{O}$, 0.06 1M (ph 7,0).

Según método descrito por Miller, 1972, con las modificaciones descritas por
Tschopp y Cols, 1987.

➤ **Aplicaciones.** Para lograr el grado de hidrólisis deseado se requiere relacionar la dosis de enzima, el tiempo de reacción y la temperatura de reacción manteniéndose el pH entre 6,5 y 7,5. El grado de hidrólisis se determina mediante cromatografía líquida de alta resolución (Hplc) y se define como:

$$\text{GH} = \frac{\text{Glucosa} + \text{Galactosa}}{\text{Lactosa}} \times 100$$

➤ **Tratamiento de la lactasa en leche.** El hecho de que la lactosa hidrolizada sea más soluble en agua evita problemas de cristalización en helados, leche condensada y otros productos lácteos, incrementando además la estabilidad de concentrado de leche congelada. La hidrólisis de la lactosa para formar los

monosacáridos correspondientes (*D*- Galactosa y *D* – Glucosa) mejora la solubilidad, digestibilidad y poder edulcorante del producto y por ello representa una conversión adecuada de bajo valor para un stock alimentario²⁴.

Aunque es posible realizar la diálisis química de la lactosa, existe un interés en la utilización de la enzima β – Galactosidasa para provocar la hidrólisis citada. Para su empleo, a nivel industrial, la enzima se obtiene de fuentes microbianas. La estabilidad y actividad de la enzima depende de la fuente en donde procede y por razones de seguridad la β – Galactosidasa se extrae generalmente de la levaduras alimentarias *Kluyveromyces fragilis* o *Kluyveromyces lactis*.

La β – Galactosidasa ha abierto amplias posibilidades para la utilización industrial del suero de leche (subproducto obtenido en la elaboración de mantequilla y queso), cuya hidrólisis permite obtener sirup de glucosa/lactosa que pueden ser usados como edulcorantes en la elaboración de helados, yogur, leche saborizada, pan y otros.

❖ **Citrato de sodio.** Es una sal que actúa en el dulce de leche como estabilizante. Esta sal añadida a la leche a dosis como máximo del 0.2 % secuestra los iones Ca^{++} en exceso. Por otra parte, tiende a elevar ligeramente el pH de la leche que contribuye a reforzar la estabilidad térmica de la leche concentrada.

²⁴ GEKNAS & LOPEZ – LEYVA. 1985

El citrato de sodio se utiliza como sal fundente en la elaboración de quesos fundidos. Estas sales tienen por objeto fijar la reacción final del queso en un pH situado entre 5,6 y 5,7 favorable al mantenimiento en emulsión de la materia grasa dentro de la pasta²⁵.

❖ **Intolerancia de la lactosa.** El interés nutricional de la lactosa en el adulto tiene aún reservas a causa de una intolerancia que se observa en relación con la raza en los seres humanos.

El origen se encuentra en la deficiencia β Galactosidosa o lactasa, producido por las células epiteliales del intestino delgado. La enzima raramente esta ausente pero su producción puede ser muy reducida. La lactosa no se asimila y se comporta como un azúcar de absorción lenta y nula (Manitol lactasa, etc.) actúa osmóticamente atrayendo el agua hacia el yeyuno y sirviendo a nivel de colon de sustrato de la flora coliforme productora de gas y de aquí el hinchamiento, el gorgoteo y las diarreas que pueden aparecer inmediata o tardíamente a las 12 horas de ingestión²⁶.

Numerosos estudios han demostrado grandes variaciones geográficas. La desaparición de lactasa es bastante rara en Europa Occidental, sobre todo en los

²⁵ VEISSEYRE, Op. Cit. P. 492.

²⁶ ALAIS, Ch. Ciencia de la leche. Principios de la técnica lechera. Barcelona: Reverté, S.A. 1985. P. 33 – 50.

nórdicos (más del 10% de la población en Escandinavia). Es muy frecuente en los negros orientales y en los judíos que viven o proceden de países en poca o nula producción lechera (80% a 100%). En E.E.U.U. del 70 – 80 % de los negros adultos son “alactasicos” contra el 15% de los blancos²⁷.

La aparición de la intolerancia se produce normalmente entre los siete y los diez años en los blancos y hacia los tres años en los pueblos de color. Para algunos autores la desaparición de B Galactosidosa sucede cuando la leche ya no figura en cantidad suficiente en la ración .

Desaparece progresivamente tras el destete. En los individuos lactasa positivos persistentes que se han habituado de nuevo a la leche bebiendo cantidades importantes tras haber superado las alteraciones digestivas durante una o dos semanas. La lactasa sin duda alguna no ha reaparecido pero la flora intestinal se ha podido adaptar.

La intolerancia a la lactosa que provoca aversión a la leche en grandes grupos humanos ha constituido un estímulo para la investigación.

➤ **Solubilidad de la lactosa en el arequipe.** El arequipe contiene un 30% de agua que a la temperatura de 20 °C solamente el 61% de sacarosa y un 6% de

²⁷ Ibid. P. 873.

lactosa se disuelven y que todo el exceso de cualquiera de ellos dos podrá formar la separación en forma de cristales.

Un dulce de leche de buena calidad debe contener como mínimo un 6% de sólidos de leche, de los cuales un mínimo del 6% corresponden a grasa láctea. De acuerdo a ello el porcentaje de lactosa será de un 8 a 10 % lo que trae como consecuencia que la lactosa remanente no disuelta precipita como hidrato de carbono de la solución sobre saturada en forma de cristales duros y poco dulces²⁸.

5.2 FORMULACION DEL AREQUIPE²⁹

MATERIA PRIMA	%
Leche	79.840
Glucosa	0.085
Sacarosa	20.000
Bicarbonato	0.085

²⁸ Centro Académico tecnológico de la leche. Universidad de Australia M. Se en Ciencia y Tecnología de la leche

²⁹ GARCÍA CASTRO, Alberto. Ingeniero químico. Universidad Las Américas. Bogotá.

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1 DELIMITACION DEL ESPACIO TEMPORAL Y GEOGRAFICO

La presente investigación se realizó en la pasteurizadora "Lácteos la Sierra", ubicada en la zona industrial de Santa Marta, carretera a Gaira Km. 7.

Esta fabrica cuenta con una planta física diseñada para la pasteurización de la leche y elaboración de subproductos como el dulce de leche, de igual forma posee equipos e implementos necesarios que fueron de mucha utilidad en la investigación.

Las pruebas de diagnostico se hicieron con un grupo de panelistas de "Lácteos la Sierra".

6.2 POBLACION Y MUESTRA

En el presente estudio se utilizó leche proveniente de la zona Bananera la cual es transportada en camiones en estaca, en cántaros de 40 litros sin refrigerar.

Se trabajó además de la formulación básica para la elaboración del arequipe,

diferentes formulaciones de adición de la enzima y concentraciones de glucosa, bicarbonato y citrato de sodio.

De las diferentes concentraciones de materia prima se seleccionó la formulación indicada hasta alcanzar los efectos deseados en el producto final para obtener un producto no cristizable y de una suavidad excelente, lo cual constituye el objetivo de esta investigación.

6.3 INSTRUMENTOS Y TECNICAS DE RECOLECCION DE LA INFORMACION

Se hicieron en el transcurso de la investigación, seis ensayos para los cuales siempre se escogió la misma leche, es decir, la proveniente de la zona bananera, el primer camión que llega a la planta, la cual es leche fresca, sin adulterantes, conservantes ni aditivos.

A la leche se le hizo el siguiente análisis: físico químico y microbiológico.

6.3.1 Físico químico

- a. Densidad por densimetría
- b. Acidez por titulación con NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador.

- c. pH – por el método potenciométrico.
- d. Grasa – Método Gerber.
- e. Sólidos totales – por refractometría.

6.3.2 Microbiológico

- Recuento de aerobios mesófilos, según el método de recuento en placa, con Agar plate count. Incubados a 35 °C por 24 a 48 horas.
- Número más probable de coliformes totales con caldo lactosa Bilis verde brillante al 2% incubados a 35 °C por 24 a 48 horas.
- Número más probable de coliformes fecales en caldo lactosa bilis verde brillante al 2% y agua de triptona e incubada a 45 °C por 24 a 48 horas (prueba de Mackenzie)

El conjunto de datos recolectados en el proceso de elaboración del arequipe como concentración de enzima, de glucosa, bicarbonato, etc. al igual que el tiempo y la temperatura de adición de la enzima y Grados Brix. Se tabuló en un formato de datos que se destinó para dicha investigación.

Los datos recopilados en formatos se anotaron como siguen:

Fecha de elaboración

Número de ensayo

Materia prima utilizada

Proceso

Análisis fisicoquímico de la leche

Análisis Bromatológico y microbiológico del arequipe.

Cuadro 3. Análisis bromatológico

PARÁMETROS	MÉTODOS
Grasa	Howard
Proteínas	Estándar Microkjeldall
Humedad	Desecación en estufa por aire con convección a 100 – 105 °C
Cenizas	Calcinación
Carbohidratos	Por diferencia expresada como lactosa

Para el análisis microbiológico se utilizan los siguientes métodos:

- Para el nivel de microorganismos en el producto. El Aeróbico plate count

(APC) del Bacteriological Analytical Manual, 7, edition, 1992. Publicado y distribuido por AOAC International³⁰.

Para *Escherichia Coli* y las Bacterias Coliformes³¹, los métodos del capítulo 4º del manual citado.

Para hongos, mohos y levaduras los métodos del Millipore Samplers, y Swab test Kits User Guide³².

³⁰ BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL. AOAC International.

³¹ Ibid. Cap. 4

³² MILLIPORE. 1995

7. TECNICAS DE ANALISIS DE LA INFORMACION

Una vez recolectados los datos en el proceso de elaboración del arequipe, se escogió la formulación adecuada que dio como resultado un arequipe con las características organolépticas deseadas en la investigación. Lo cual se reforzó con las encuestas hechas en la degustación del arequipe.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS EN LOS ANÁLISIS DE LA LECHE

7.1.1 Determinación de la densidad

❖ **Densidad.** La densidad de la leche es la masa de un litro de leche expresado en kilogramos. Puede determinarse por medio del termolacto densímetro y por el picnómetro.

En esta investigación se hizo por el método del lacto – densímetro. Consiste esencialmente en un areómetro flotador que en algunos casos va provisto de un termómetro a que está determinando la temperatura.

❖ **Equipo.** Termo lactodensímetro según Quevens graduado a 15/15

divisiones de 0.0002 termómetro incorporado, debe calibrarse cada 3 meses con ayuda del picnómetro.

❖ **Método.** Transfiera a una probeta de capacidad de 250 ml, una cantidad de muestra (previamente mezclada), que permita sumergir el termo lactodensímetro evitando que se apoye por las paredes de la probeta y permitiendo que flote libremente. Se espera que la columna de mercurio se estabilice y se efectúa la lectura de la temperatura y de los grados lactométricos, teniendo en cuenta de leer por la parte superior del menisco que se forma. La lectura debe efectuarse a 15 °C aceptándose variaciones de más o menos 5 °C en la muestra.. La corrección de la lectura se hace sumando 0.2 grados lactométricos por cada grado de temperatura que la leche esté por encima de 15 °C y por cada grado por debajo de 15 °C se resta 0.2 grados lactométricos a la lectura realizada en el termo lactodensímetro, de donde:

$$D_{15\text{ °C}} = \text{lectura corregida} / 1000 + 1$$

Lectura corregida = Grados lactométricos leídos en el lactodensímetro - + corrección por temperatura diferente a 15 °C + corrección por calibración del equipo

7.1.2 Determinación de la Acidez

❖ **Acidez:** Para determinar la acidez de la leche existen métodos cualitativos y

cuantitativos.

El que se utiliza en esta investigación es el método cuantitativo, que consiste en la titulación con hidróxido de sodio 0.1 Normal en presencia de Fenolftaleína como indicador.

❖ **Equipo**

Cápsula de porcelana

Bureta de 10 ó de 50 ml

Pipeta volumétrica de 9 ml

Agitador

❖ **Reactivos.** Solución de NaOH 0,1 N y solución alcohólica de Fenolftaleína al 1%.

❖ **Método.** Se mezcla cuidadosamente la leche y se trasfiere con una pipeta volumétrica de 9 ml a una cápsula de porcelana, se adicionan tres gotas de Fenolftaleína en solución alcohólica como indicador y se valora con la solución de NaOH 0.1 N hasta la aparición de un color rosa fácilmente perceptible por

comparación con un testigo positivo, pero se considera obtenido el punto final, cuando el color persiste unos 30 segundos. Los resultados se expresan en % de ácido láctico de la leche.

Siempre que se tomen 9 ml de leche para dicho resultado se divide entre 10 el número de ml gastados de solución de hidróxido de Sodio gastados en la titulación o utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{\text{ml de NaOH gastados} \times \text{normalidad NaOH} \times \text{equivalente gr ácido láctico}}{\text{ml de muestra de la leche titulada}} \times 100$$

La acidez también se expresa en grados diferentes como los Dornic, utilizados en la investigación. Son los ml de soda O.I.N. necesarios para neutralizar 9 ml de leche multiplicados x 10.

7.1.3 Determinación de la grasa. Se determinó la materia grasa en la leche por el método Gerber.

❖ Equipo

Butirometro Gerber

Pipeta con reservorio de 10 ml

Termómetro graduado

Baño María.

Pipeta con reservorio de 1 ml

❖ **Reactivos.** Ácido sulfúrico D = 1,82, alcohol isoamílico D = 0.815

❖ **Técnica.** Transferir con una pipeta 10 ml de ácido sulfúrico o un butirometro Gerber, previamente marcado. Añadir lentamente 11 ml de muestra de la leche y 1 ml de alcohol Isoamílico. Tapar y agitar hasta completar la disolución de la muestra y centrifugar a 1.200 rpm durante 5 minutos. Luego se sumerge en Baño María por 3 minutos a 65 °C.

Lectura. Manejando el tapón coloque la capa clara transparente (grasa) dentro del bulbo graduado del butirómetro. El número de ml ocupado por la capa oleosa da directamente el % de grasa en gramo por 100. La lectura debe hacerse incluyendo los meniscos superior e inferior.

7.1.4 Sólidos Totales y Sólidos no Grasos. Conociendo la densidad y la materia grasa de la leche si puede utilizar formulas que permitan calcular el contenido de sólidos totales evitando la determinación directa (desección).

$$\% ST = \frac{\text{Lectura corregida del lacto densimetro} + 1,2 (\% \text{ grasa})}{4}$$

$$SNG = \frac{\text{Lectura corregida del lacto densimetro} + 0,2 (\% \text{ grasa})}{4}$$

7.2 IDENTIFICACIÓN DE PRESERVATIVOS EN LA LECHE

- Formol
- Hipocloritos
- Agua oxigenada

7.2.1 identificación del agua oxigenada. Se describirá esta prueba ya que es la más común, utilizada en la conservación de la leche.

Material. Tubos de ensayo de 16 x 150 mm.

❖ **Reactivos.** Solución de pentóxido de vanadio al 1% m/v en ácido sulfúrico diluido.

El ácido sulfúrico diluido se prepara agregando cuidadosamente 6 ml de ácido sulfúrico (95 – 96 % pureza) a 94 ml de agua

❖ **Procedimiento.** En un tubo de ensayo colocar 10 ml de muestra, agregar 10 a 20 gotas del reactivo; observar el color.

❖ **Interpretación.** La aparición de un color curuba indica la presencia de agua oxigenada.

Una coloración amarillenta igual al reactivo es negativa.

Preparar un testigo negativo con leche pura y fresca preparar un testigo positivo con leche pura y fresca adicionada de agua oxigenada.

7.3 IDENTIFICACIÓN DE NEUTRALIZANTES

❖ **Material:**

Tubo de ensayo de 16 x 150 mm

Mecheró

❖ **Reactivos**

Solución acuosa de oxalato de potasio al 30% m/v

Solución de Fenolftaleína al 2 % en alcohol etílico de 95° gl

❖ **Procedimiento.** En un tubo de ensayo colocar 5 ml de leche calentar hasta su ebullición durante 3 minutos con agitación. Enfriar y agregar 5 gotas de

solución de oxalato de potasio, agitar bien, agregar 5 gotas de solución de fenolftaleína, sin agitar.

❖ **Interpretación.** La coloración rosada indica la presencia de alcalinizantes en la leche. Efectuar la prueba con un testigo negativo consistente en leche pura fresca y un testigo positivo consistente en leche pura fresca neutralizada.

7.4 RECuento DE MICROORGANISMOS MESOFÍLICOS

Conocido también como método Standart de recuento en placa por siembra en profundidad. Es el recuento indicador más amplio y general en alimentos ya que incluye todos los géneros aerobios y facultativos que crecen en medios simples. a una temperatura entre 20 – 45°C.

Este recuento se considera como indicador del grado de contaminación de los alimentos en cualquier etapa del proceso de producción. También se utiliza como indicador de la vida útil de un producto.

❖ **Equipo y Material**

Caja de petri, de vidrio estériles

Pipetas bacteriológicas de 1 ml estériles

Baño de agua a 45 – 50 °C

Estufa de incubación a 35 °C \pm 2 °C

Contador de colonias.

Agar peptona de Caseína – Glucosa extracto de levadura (Agar plata count)

❖ **Técnica.** Preparación y dilución de los homogenizados.

La dilución 10^{-1} se prepara midiendo 11 ml de muestra en un frasco de dilución que contenga 99 ml de diluyente, agite vigorosamente el frasco haciendo un arco 30 cm. más 25 veces. Transferir 1ml de la solución 10^{-1} a un de dilución que contenga 1 ml de diluyente para obtener la dilución 10^{-2} y así sucesivamente tantas diluciones sean necesarias.

Una vez se tienen las diluciones se transfiere por duplicado alícuotas de 1ml de cada una de la diluciones en cajas de petri estériles previamente marcadas.

Inmediatamente verter en las cajas de 10 a 15 ml de Agar plate count, fundido y manteniendo a 45 – 50 °C.

Inmediatamente mezclar el inóculo en el medio fundido.

Verter en caja de petri medio y diluyente sin inocular como control de esterilidad.

Dejar solidificar el agar. Invertir las cajas e incubar a $35^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante 48 horas ± 3 horas.

Leer las placas

7.5 NÚMERO MÁS PROBABLE DE COLIFORMES TOTALES

Este grupo de microorganismos que comprende varios géneros de la familia enterobacteriaceae está ampliamente distribuido en la naturaleza, agua y suelo, pero también es habitante normal del tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente.

Su presencia en alimentos es signo de mala calidad higiénica en el proceso.

❖ **Equipo y Material.** Lo necesario para la preparación y dilución de los homogenizados de los alimentos, pipetas bacteriológicas de 1 ml estériles, Gradillas.

Caldo lactosado bilis verde brillante al 2%, volúmenes de 10 ml en tubo de 180 x 15 mm. Conteniendo tubos de fermentación de Durban invertidos.

Agar cosina azul de metileno

Agar Cristal violeta rojo neutro bilis + R B A.

Estufa de incubación a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

Asa de inoculación

❖ Técnica.

➤ **Prueba presuntiva.** Preparar las muestras y las diluciones como se ha recomendado, pipetear 1 ml de cada una de las diluciones en tubo de caldo lactosado bilis verde brillante al 2% utilizando tres tubos por dilución, incubar los tubos a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ por 24 – 48 horas pasadas las 24 horas anotar los tubos que muestran producción de gas. Volver a la estufa los tubos de gas negativo para su incubación durante 24 horas adicionales.

Pasadas las 48 horas anotar los tubos que muestren producción de gas que se observa por el desplazamiento del medio en el tubo de Durban.

➤ **Prueba Confirmativa.** Para confirmar que los tubos con producción de gas en caldo lactosado bilis verde brillante al 2% de la prueba presuntiva son positivos a organismos del grupo coliforme, siembre por estría una asada de cada uno de los tubos en la superficie de una placa de agar azul de metileno EMB o violeta rojo bilis agar x RBA.

Incube en placas invertidas a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, pasado este tiempo se hace la lectura de las colonias típicas de coliformes.

Anote el número de tubos confirmados como positivos para organismos coliformes en cada dilución. Para obtener el NMP, proceder de la forma siguiente:

a.- Ver en cada uno de los tres diluciones relacionadas el número de tubos en los que se confirmó la presencia de coliformes.

b.- Buscar en la tabla de NMP y anotar el resultado correspondiente al número de tubos positivos de cada solución.

Para calcular el NMP de organismos coliformes por gramo de alimentos utilizar la siguiente formula:

$$\frac{\text{NMP de tabla} \times \text{factor de dilución intermedia}}{100} = \text{NMP/g o ml}$$

7.6 NÚMERO MÁS PROBABLE DE ORIGEN FECAL

7.6.1 Técnica Test de Mackenzie. A partir de los tubos positivos en producción de gas del NMP de coliformes totales transferir a cada tubo una asada de cultivo en:

a.- Caldo lactosado bilis verde brillante al 2% conteniendo tubo de fermentación de Durban.

b.- Caldo Indol

Incubar los tubos a 45 °C a $\pm 0,5$ °C por 48 horas en el baño de agua teniendo cuidado que el nivel de agua sobrepase el nivel del medio de cultivo.

Leer los test de Mackenzie como siguen:

1. Obtener la producción de gas en el caldo lactosado bilis verde brillante al 2%
2. Revelar el caldo indol adicionando 0,2 ml del reactivo de Kovacs, agitar suavemente y observar la presencia de un anillo rojo cereza en la superficie de la capa de alcohol amílico cuando la prueba es positiva o el color original del medio cuando la prueba es negativa.

Considerar como coliformes de origen fecal los que demuestren positividad en ambas pruebas:

Gas: positivo

Indol: Negativo

Confrontar los resultados con la tabla del NMP. Expresar los resultados de coliformes fecales/g o ml según el producto.

7.7 Equipos utilizados en la elaboración de arequipe

❖ Equipos

- Equipo de higienización formado por colador, filtros y clarificación centrífuga.
- Equipo mezclador de ingredientes sólidos y líquidos integrados por una bomba centrífuga, embudo, tubería y tanque en acero inoxidable.
- Marmita para calentar la leche y los ingredientes, provisto de termómetro, camisa de calentamiento, manómetro, trampa termodinámica de vapor, sistema de volteo de la paila, válvula de seguridad y agitador.
- Cuarto frío.
- Equipos y accesorios de laboratorio para el control de calidad de la materia prima y el producto terminado³³.

³³ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Seccional Medellín. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de Ingeniería agrícola y alimento. Principio de procesamiento y control de calidad de leche. 1992. P. 3-50.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1 PROCESO DE ELABORACIÓN

Para elaborar el arequipe con las características anteriormente mencionadas se requiere lo siguiente:

- Que la materia prima en este caso la leche sea fresca de buena calidad, sin aditivos, preservativos, ni antibióticos. Para lo cual tan pronto llega a la planta procesadora es necesario hacerle los análisis físico químicos como son la acidez, densidad, grasa, identificación de conservantes y neutralizantes, simultáneamente se le hace un control de calidad al resto de la materia prima a utilizar.

Después de todos los análisis, se procede a la elaboración del arequipe como sigue.

8.1.1 Elaboración del arequipe utilizando la enzima lactasa

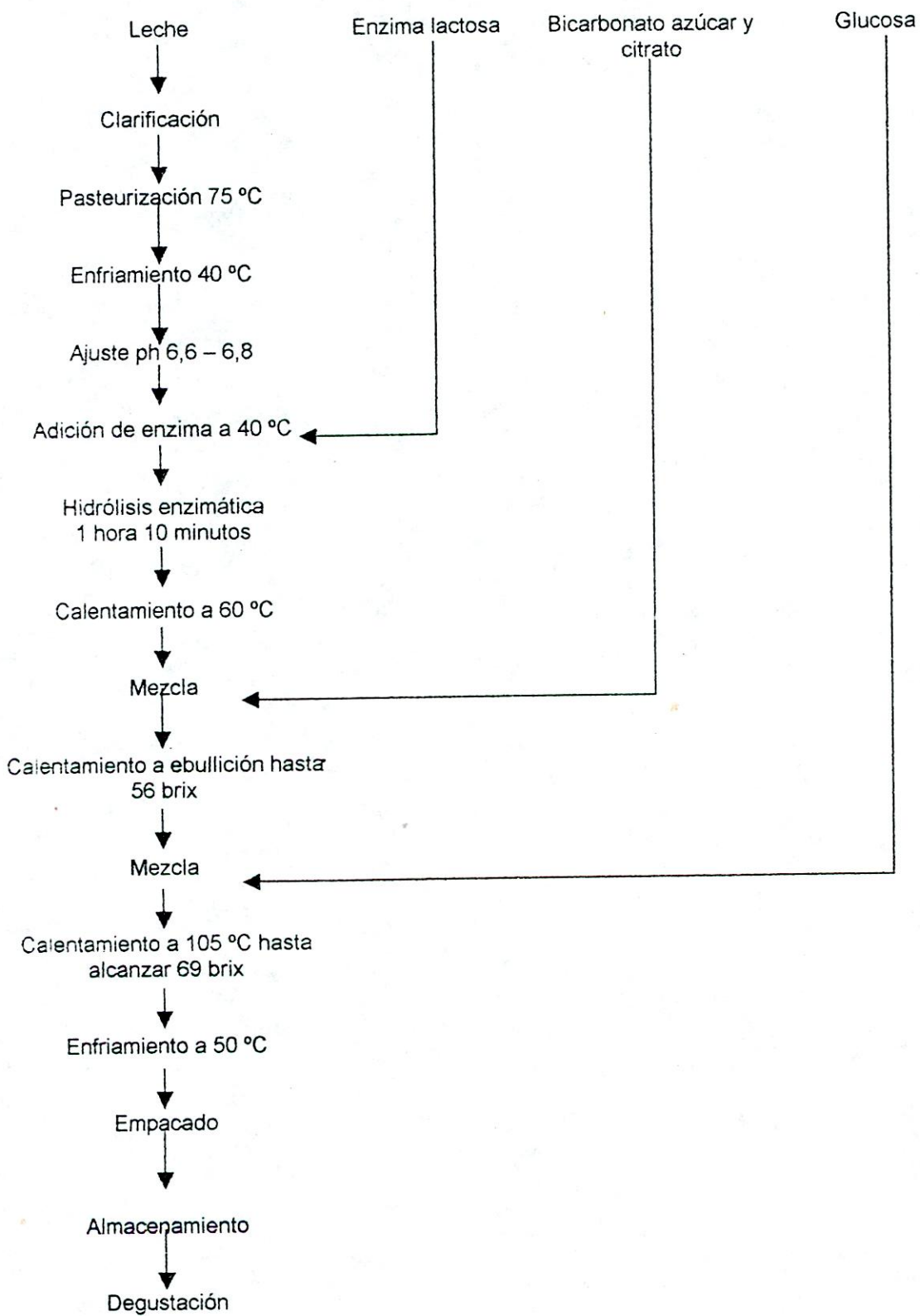
El arequipe es un producto que se obtiene mediante la concentración por evaporación de una mezcla de leche y azúcar con agregados de otro edulcorante diferente de la sacarosa, como la glucosa, aromatizantes u otros aditivo aprobados

por las autoridades competentes para lograr un producto final, con determinadas características.

El Arequipe objeto de nuestro estudio además de contener las sustancias antes mencionadas, lleva como materia prima, glucosa, citrato de sodio, bicarbonato de sodio, enzima lactasa, principal componente que va a marcar la diferencia. La enzima lactasa es importante en esta investigación, la cual se adicionó en diferentes concentraciones hasta alcanzar un arequipe no cristizable de mejor textura, sabor y apariencia.

Según la formulación y el método escogido, este es el diagrama de flujo de un arequipe no cristizable.

Figura 2. DIAGRAMA DE FLUJO



8.2 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA LECHE UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE HECHOS EN LABORATORIO DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE LACTEOS LA SIERRA

MUESTRA N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Acidez	g/100 g	0,16
Grasa	g/100 g	4.0
Densidad	g/l	1.0318
Sólidos totales		11.6

Conservantes Negativo

Neutralizantes Negativo

Aditivos Negativos

MUESTRA N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Acidez	g/100 g	0,17
Grasa	g/100 g	4.0
Densidad	g/l	10315
Sólidos totales		11,5

Conservantes Negativo

Neutralizantes Negativo

Aditivos Negativos

MUESTRA N° 3

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Acidez	g/100 g	0,16
Grasa	g/100 g	3.7
Densidad	g/l	10317
Sólidos totales		11,6

Conservantes Negativo

Neutralizantes Negativo

Aditivos Negativos

8.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LA LECHE UTILIZADA EN LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE

MUESTRA N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento de mesófilos	Ufc/ml	2×10^3
Recuento de coloformes totales	NMP/ml	< 3
Recuento de coliformes fecales	NMP/ml	0

MUESTRA N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento de Mesófilos	Ufc/ml	5×10^3
Recuento de coliformes totales	NMP/ml	< 3
Recuento de coliformes fecales	NMP/ml	0

MUESTRA N° 3

PARAMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento de Mesófilos	Ufc/ml	$3,5 \times 10^2$
Recuento de coliformes totales	Ufc/ml	< 3
Recuento de coliformes fecales	NMP/ml	0

8.4 ANÁLISIS BROMATOLOGICO DEL DULCE DE LECHE PREPARADO CON ADICIÓN DE LA ENZIMA LACTASA, HECHOS EN EL LABORATORIO BROMATOLOGICO DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA.

ANÁLISIS	MUESTRAS		
	1	2	3
Humedad (g/100 g)	22.40	27.40	24.03
Proteínas (g/100 g)	3.33	2.48	3.51
Grasas (g/100 g)	6.81	5.81	7.75
Cenizas (g/100 g)	1.08	1.30	1.48)
Otros ingredientes (g/100 g)	66.38	63.01	53.40

8.5 ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AREQUIPE PREPARADO CON ADICIÓN DE LA ENZIMA LACTASA (AL DÍA SIGUIENTE DE ELABORADA)

MUESTRA N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento Mesófilos	Ufc/ml	20
Recuento coliformes totales	Ufc/ml	< 3
Coliformes fecales	Ufc/ml	0
Hongos y levaduras	Ufc/ml	0

MUESTRA N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento Mesófilos	Ufc/ml	40
Recuento coliformes totales	Ufc/ml	< 3
Coliformes fecales	Ufc/ml	0
Hongos y levaduras	Ufc/ml	0

MUESTRA N° 3

PARÁMETRO	UNIDAD	LECTURA
Recuento Mesófilos	Ufc/ml	20
Recuento coliformes totales	Ufc/ml	< 3
Coliformes fecales	Ufc/ml	0
Hongos y levaduras	Ufc/ml	0

8.6 FORMULACIONES UTILIZADAS PARA LA ELABORACIÓN DEL AREQUIPE

De todos los ensayos realizados y después de varias formulaciones se escogieron tres por su diferencia en la cantidad de ingredientes.

MUESTRA N° 1

	CANTIDAD (KG)	PORCENTAJE (%)
Leche entera	41,308	83,24
Glucosa	0,750	1,51
Citrato de sodio	0,0185	0,037
Bicarbonato de sodio	0,040	0,0806
Enzima lactasa	0,0066	0,0133
Azúcar refinada	7,5	15,11
	49,62	99,99

MUESTRA N° 2

	CANTIDAD (kg)	PORCENTAJE (%)
Leche entera	41,308	83,25
Glucosa	0,750	1,51
Citrato de sodio	0,0185	0,037
Bicarbonato de sodio	0,035	0,070
Enzima lactasa	0,0066	0,0133
Azúcar refinada	7,5	15,11
	49,618	99,99

MUESTRA N° 3

	CANTIDAD	PORCENTAJE
Leche entera	41,308	83,24
Glucosa	0,750	1,51
Citrato de sodio	0,0185	0,0372
Bicarbonato de sodio	0,035	0,0705
Enzima lactasa	0,067	0,014
Azúcar refinada	7,5	15,11
	49,618	99,99

8.7 RENDIMIENTO

El rendimiento que se obtuvo en la elaboración del arequipe adicionando la enzima lactasa fue del 37,00 %, un buen rendimiento ya que el arequipe normal va de un 30 a un 35 %, claro que esto depende de la grasa de la leche utilizada. En nuestro trabajo de investigación se utilizó leche con un promedio de 3,8 % de grasa. Por lo cual se obtuvo un buen rendimiento incluyendo también las buenas características de la leche, además de la grasa.

El rendimiento también depende de los grados Brix del arequipe, ya que un producto que se evapore más o pierda más humedad es un producto más viscoso y por ende rinde menos.

8.8 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.8.1 Proceso de elaboración. En la elaboración del dulce de leche tomando como referencia los tres ensayos escogidos para análisis bromatológico, organoléptico y microbiológico, se pudo observar lo siguiente:

En el proceso de pasteurización de la leche con adición de la enzima lactasa, las muestras 2 y 3 tuvieron una temperatura de 75 °C por un tiempo de 20 minutos mientras que la muestra N° 1 a 70 °C por 20 minutos, notándose una mejor textura en el arequipe elaborado con la formulación 2.

El tiempo entre la adición de la enzima y la pasteurización de la leche adicionando bicarbonato, citrato y bicarbonato fue de una hora 10 minutos.

Después de pasteurizada e hidrolizada la leche de la muestra 1 y 3 se calienta a 65 °C, la N° 2 a 60 °C para adicionarle los ingredientes como son azúcar, bicarbonato de sodio, citrato de sodio.

La adición de glucosa se hizo a 56 grados Brix en las muestras 1 y 2 en la muestra N° 3 se hizo a 55 grados Brix.

Los tiempos de proceso fueron los siguientes:

Las muestras 1 y 2 alcanzaron 56 Brix en un tiempo de 1 hora y 10 minutos, mientras que la muestra N° 3 alcanzó 56 Brix en 55 minutos.

La muestra N° 1 coloreó más rápido porque contiene mayor cantidad de bicarbonato de sodio que influye en la coloración del arequipe, al igual que la concentración de mismo.

La muestra N° 1 y 2 alcanzaron 69 grados Brix dando una buena textura.

La muestra N° 3 alcanzó 71 grados Brix.

La temperatura a la cual se inoculó la enzima fue de 40 °C para los tres ensayos.

En el cuadro N° 3 se presentan los valores bromatológicos de leche entera y descremada.

Como era de esperar, la mayor diferencia entre los dos tipos de leche reside en el mayor contenido porcentual de grasa (4,40 gr/100 g) de la primera, más 44 veces mayor que la segunda (0,10 g/100 g) siendo los contenidos de cenizas idénticas, similares los de proteína bruta y lactosa respectivamente.

En las tablas 4, 5 y 4, se presente la distribución de ingredientes de las tres formulaciones básicas para la elaboración del "arequipe" o "dulce de leche" (I, II y

III) observándose que las tres contienen la misma cantidad de leche cruda (41,308 g o 40 lts), glucosa 750 gramos y citrato de sodio (18,50 gramos).

En las formulaciones se adicionó 6,6 gramos de enzima lactasa, en 1 y 2, y 7 gramos en la 3. Azúcar refinada 7.500 gramos en 1, 2 y 3 respectivamente.

Bicarbonato de sodio, 40 gramos en la muestra N° 1 y 35 gramos en las muestras 2 y 3. La cantidad total de ingredientes en gramos en cada formulación fue:

Formulación I, 49.623, formulación II: 49.618 y formulación III, 49.618.

Cuadro 3. Análisis bromatológico de leche entera – desnatada

INGREDIENTES	LECHE ENTERA (g/100 g)	Leche desnatada (g/100 g)
Humedad	86,30	90,50
Proteína bruta	3,70	3,60
Grasa	4,40	0,10
Carbohidratos (lactosa)	4,90	5,00
Cenizas	0,70	0,70

Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Seccional Medellín. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de ingeniería agrícola y alimentos. 1992.

Tabla 4. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación I para arequipe.

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje g/100 g	Humedad		Proteínas		Grasa		Ceniza		Carbohidratos	
			g/100 g	g/ 100 g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g
Leche	41.308	83,240	86,300	35,649	3,700	1528,4	4,40	1.817,5	0,700	289	4,900	202,40
Glucosa	750,000	1,510	11,000	82,50	-	-	-	-	-	-	89,000	667,50
Bicarbonato de sodio	40,000	0,081	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrato de sodio	18,500	0,038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enzima de lactasa	6,600	0,013	20,000	132	80	5,280	-	-	-	-	-	-
Azúcar refinada	7500,000	15,110	11,000	825	-	-	-	-	-	-	-	6675
Total	49.623	100,000							-	-		-

Fuente: Datos de los autores con base en experimentación

Tabla 5. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación II para arequipe.

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje g/100 g	Humedad		Proteínas		Grasa		Ceniza		Carbohidratos	
			g/100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g	g/ 100 g	Cant g
Leche	41.308	83,250	86,300	35.649	3,7,000	1528,4	4,400	1.817,5	0,700	289,0	4,90	202,40
Glucosa	750,000	1,510	11,000	82,500	-	-	-	-	-	-	89,00	667,50
Bicarbonato de sodio	35,000	0,070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrato de sodio	18,500	0,037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enzima de lactasa	6,600	0,013	20,000	132,000	80,000	5,28	-	-	-	-	-	-
Azúcar refinada	7500,00	15,110	11,000	825,000	-	-	-	-	-	-	89,00	6.675
Total	49.618	100,000										

Fuente: Datos de los autores con base en experimentación

Tabla 6. Distribución de ingredientes y contenido bromatológico en la formulación III para arequipe

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje g/100 g	Humedad		Proteínas		Grasa		Ceniza		Carbohidratos	
			g/100 g	Cant g	g/100 g	Cant g	g/100 g	Cant g	g/100 g	Cant g	g/100 g	Cant g
Leche	41,308	83,240	86,300	35,649	3,700	1528,4	4,400	1.817,5	0,700	289	4,900	202,40
Glucosa	750,000	1,510	11,000	82,500	-	-	-	-	-	-	89,000	667,50
Bicarbonato de sodio	35,000	0,070	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrato de sodio	18,500	0,037	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enzima de lactasa	7,000	0,014	20,000	1,400	80,000	5,600	-	-	-	-	-	-
Azúcar refinada	7500,000	15,120	11,000	825,000	-	-	-	-	-	-	-	6675
Total	49.618	100,000										

Fuente: datos de los autores con base en experimentación

Cálculos para hallar el agua evaporada en cada uno de los tres ensayos.

m_p = materia prima

m_a = masa de agua evaporada

m_{arq} = masa agua en arequipe

$$\%humedad = \frac{masaaguaarequipe}{masatotalarequipe} \times 100$$

Formulación 1

$$49.623 - 18.500 = 31.023 \text{ g}$$

$$\text{Masa agua en el arequipe} = 41.408 \text{ por } 0,8630 - 462.8$$

$$\%humedad = \frac{4.625,8}{18.600} \times 100 = 22,36$$

Formulación II

$$49.618 \text{ g } m_p - 18.600 \text{ g } m_{arq} = 31.018 \text{ g } m_a$$

$$\text{Masa de agua en el arequipe} = 41.308 \text{ g} \times 0,8630 \text{ g} - 31.018 \text{ g} = 4.630 \text{ g}$$

$$\%humedad = \frac{4.630}{18.600} \times 100 = 24,89$$

Formulación III

Igual a la anterior

En las tablas se presentan las cantidades de cada uno de los ingredientes expresados en porcentajes (g/100 g), así como también los valores de humedad, proteína, grasa, cenizas y carbohidratos con base a la distribución bromatológica en el cuadro 1.

8.11 DISTRIBUCIÓN BROMATOLÓGICA EN DULCE DE LECHE

En la tabla 7 se presentan los resultados determinados experimentalmente en los tres dulces de leche. Se observa que son similares las cantidades de humedad, grasa y cenizas (entre 22,40 y 27,40 g/100 g; 5,81 y 7,75 gr/100 g y 1,08 y 1,48 g/100g respectivamente. Así como también los de proteínas en las formulaciones I y III.

Nótese que los valores experimentales son del mismo orden a los determinados teóricamente.

Con el fin de extrapolar los valores bromatológicos se determinan las masas secas inicial (MSi) y final (MSf) considerando que:

$$MS = 100\% - \text{humedad } (\%).$$

Así por ejemplo: para el dulce de leche elaborado con la formulación I la correspondiente masa seca fue (tabla 5).

$$MS = 100 \% - 22,40 \% = 77,60 \%$$

Los resultantes valores de masa seca para los dulces elaborados con las formulaciones II y III fueron 72,60 % y 75,97 % respectivamente.

Tabla 7. Análisis bromatológico parcial del dulce de leche (arequipe)

Elaborado con tres formulaciones diferentes

DULCE DE LECHE

ANALISIS	I	II	III
Humedad (g/100 g)	22,40	27,40	24,03
Proteína (g/100 g)	3,33	2,48	3,51
Grasa (g/100 g)	6,81	5,81	7,75
Ceniza (g/100 g)	1,08	1,30	1,48
Otros ingredientes (g/100 g)	66,38	63,01	63,23
Materia seca final	77,60	72,60	75,97

Fuente: Armando Lacera. Laboratorio bromatológico Universidad del Magdalena

En la tabla 8, se presentan los resultados teóricos prácticos de la distribución de ingredientes con base en los valores de las tablas (3, 4, 5, 6 y 7 al inicio 'I' formulaciones y al final 'F' en los dulces de leche 'arequipe').

La tabla 4 se observa que la porcentualidad de lactosa es igual a 4,09 y el valor de los sólidos inicial igual a 28,16.

En la tabla 7 el resultado bromatológico arrojó un nivel de humedad igual a 22,40 g/100 g para el dulce de leche (producto terminado), se deduce entonces que la materia seca final es igual a 77,60, por lo tanto el valor de la lactosa en el producto sería igual a:

$$\% \text{ lactosa en leche} = 4.09 \%$$

$$\text{Concentración} = 0,049 \text{ g}$$

$$\text{Gramo de lactosa en 41.308 g de leche} = 0,049 \times 41.308 = 2.024$$

$$\text{Concentración inicial de lactosa en materia prima} = \frac{41.308}{49.623} \times 0.049 = 4.08$$

$$\text{Concentración inicial de lactosa en arequipe} = \frac{0.049}{m_{arg}}$$

Para determinar la masa del arequipe se hace un balance de agua y luego de masa seca.

Concentración inicial de agua en materia prima es igual a

$$\frac{0.863g \times 41.308g}{49.623g} = 0,7183g$$

De acuerdo al porcentaje de humedad en el arequipe de la formulación I la concentración de agua es de 0,2240.

Porcentaje masa seca del arequipe = 76%, luego la concentración es de 0,76 y la concentración inicial de masa seca en el arequipe = $1,000 - 0,7183 = 0,2817$ g

$$\text{Masa seca inicial} = 0,2817 \times 49,623 = 13.978,8 \text{ g}$$

Masa seca final = masa del arequipe x concentración masa seca

Masa seca inicial = masa seca en el arequipe o sea $13.978,8 \text{ g} = 0,76 \times \text{masa arequipe}$.

$$\text{Masa arequipe} = \frac{0,2817 \times 49,623}{0,76} = 18.393g$$

Conc. inicial de lactosa x m_p = conc. final de lactosa x masa arequipe

$$\text{Conc. Final de lactosa} = \frac{C_i \text{ lactosa} m_p}{m_{\text{arq}}}$$

$$\text{Conc. Final de lactosa} = \frac{0,04 \times 49,623}{18,393} = 0,1079 = 10,79\%$$

Formulación II

$$C_i \text{ lactosa en } m_p = \frac{41,308 \times 0,049}{49,618} = 4,07 \text{ g}$$

$$\% \text{ masa seca arequipe} = 100 - 27,40 = 72,6 \% \text{ Conc.} = 0,76 \text{ g}$$

$$C_i = \text{agua } m_p = 1,000 - 0,7184 = 0,2816$$

$$\text{Masa seca inicial} = 0,2816 \times 49,618$$

$$\text{Masa seca final} = \text{masa arequipe} \times \text{concentración masa seca}$$

$$\text{Masa seca inicial} = \text{masa seca en arequipe}$$

$$0,2816 \times 49,618 = 0,726 \times \text{masa arequipe}$$

$$\text{Masa arequipe} = \frac{0,2816 \times 49.618}{0,726} = 19.245 \text{ g}$$

$$C_i \text{ lactosa} \times m_p = \text{conc. Final de lactosa} \times \text{materia seca}$$

$$\text{Conc- final lactosa} = \frac{C_i \text{ lactosa} \times m_p}{m_{arq}}$$

$$\text{Conc. Final lactosa} = \frac{0,04 \times 49.618}{19.245} = 0,103 = 10,3\%$$

Formulación III. Igual a la anterior

Tabla 8. Niveles porcentuales (teórico – práctico) de los ingredientes en las tres formulaciones del dulce de leche. Arequipe

Número de Formulación	Lactosa (g/100g)		Glucosa (g/100g)		Azucar (sacarosa) (g/100g)		Bicarbonato (g/100g)		Citrato (g/100g)		Enzima (g/100g)		Total ingredientes	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
I	4,08	10,79	1,51	4,19	15,11	41,64	0,081	0,22	0,037	0,10	0,0133	0,04	20,84	57,43
II	4,08	10,3	1,52	3,89	15,11	38,97	0,071	0,183	0,037	0,10	0,0133	0,033	20,82	53,40
III	4,23	10,3	1,52	4,08	15,13	40,88	0,070	0,19	0,037	0,1	0,014	0,037	21,00	56,75

Fuente: Datos de los autores basados en experimentos.

I. Valores iniciales según tablas 4, 5 y 6.

II. Valores finales determinadas con base en las masas secas finales (tablas 4, 5, 6 y 7).

En la tabla 9 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de azúcares reductores en este caso de glucosa y lactosa, ya que durante la elaboración del dulce de leche, la sacarosa interviene más como agente edulcorante y controlador del crecimiento de bacterias patógenas, al secuestrar el agua disminuye la disponibilidad o actividad del agua A_w ; por otro lado posibilita una alta presión osmótica, que solo permite el aumento de hongos y levaduras osmofílicas contaminantes.

Los pesos de óxido cuproso (Cu_2O) de cada dulce obtenido a partir del método gravimétrico de MUMSONI WALKER³⁴.

Fueron convertidos estequiométricamente en pesos de cobre.

Como alternativa al hecho de que los respectivos valores de óxido cuproso no se encuentran tabulados para ello se utilizó la expresión.

mg de azúcar reductor = mg Cu_xf

³⁴ BERNAL DE RAMÍREZ, Inés. Análisis de alimentos. 1993. P. 313

En el anexo aparecen los diferentes valores de "f", factores necesarios para determinar la cantidad de cada azúcar reductor en el presente trabajo, glucosa y lactosa y según el método de Munson y Wolker con base en el peso de muestra analizada los factores utilizados fueron: lactosa: 0,77 – 0,78 y glucosa: 0,53 – 0,54.

Expresados los contenidos de azúcares reductores en porcentajes se observa en la tabla 7 que el dulce de leche elaborado con la formulación III contiene los niveles mayores 1,15 (g/100 g) de glucosa, 1,67 (g/100 g) de lactosa.

Los dulces preparados con las formulaciones I y II tienen la misma distribución porcentual de los azúcares reductores.

8.12 TASA DE VARIACIÓN DE LACTOSA EN DULCES DE LECHE POR ACCIÓN ENZIMÁTICA

Es necesario aclarar que las concentraciones iniciales y finales de lactosa si bien determinadas extrapolando los valores presentados en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, son útiles para establecer si hubo o no transformación de la lactosa durante el procesamiento por reacción de la enzima agregada en las tres formulaciones. La mayor concentración de enzima 0,014 % fue agregada en la formulación III y la menor en la Iz II (0,013 %).

8.13 TASA DE TRANSFORMACIÓN ENZIMÁTICA DE LA LACTOSA CON BASE EN SU NIVEL INICIAL

Se basó en la composición porcentual de la diferencia entre lactosa inicial (formulaciones) y lactosa obtenida experimentalmente con respecto a la lactosa inicial.

% transformación de lactosa estará dado por la formula = $\frac{g \text{ lact } m_p - g \text{ lact } a_{rq}}{g \text{ lact } m_p} \times 100$

$$\frac{0,034 \times 49.623 - 0,0145 \times 18.393}{0,034 \times 49.623} = 84\%$$

Formulación I

Porcentaje transformación lactosa en formulación II

$$g \text{ de lactosa en } m_p = \frac{g \text{ lact } m_p - g \text{ lact } a_{rq}}{g \text{ lact } m_p} = \frac{0,04 \times 49.618 - 0,0144 \times 19.245}{0,04 \times 49.618}$$

% transformación de lactosa = 86 %

Porcentaje en formulación lactosa III. Igual a la anterior.

Tabla 7. Análisis de Azúcares reductores
en dulces de leche (Método de Munson Walker)

Formulación del dulce de leche Arequipe	Peso de muestra (g)	Pesos gravimetricos	Peso de azúcar reductor /peso de muestra (mg)	Porcentaje de azúcar reductor en la muestra (g/100 g)	Total azúcar reductor (g/100g)
		Cu ₂ O _(s) Cu _(s)	Glucosa Lactosa	Glucosa Lactosa	
I	20,4569	432,80 384,40	203,73 295,99	1,00 1,45	2,45
II	20,5520	433,40 384,93	204,01 296,40	1,00 1,44	2,44
III	20,3965	491,10 436,18	235,54 340,22	1,15 1,67	2,82

Fuente: Datos de los autores con base a experimentos.

Mg de azúcar reductor = mg Cuxf

→ del Método Munson → Walker

Referencia: Análisis de alimentos³⁵.

f = 0,77 – 0,78 (cálculo de lactosa)

³⁵ BERNAL DE RAMÍREZ, Inés. Análisis de alimentos. Academia de ciencias exactas. Físicas nucleares. Santafé de Bogotá, 1993.

$f = 0,53 - 0,54$ (cálculo de glucosa)

Tabla 10. Tasa de transformación enzimática de lactosa (%)

Tasa de transformación enzimática de lactosa (%)		Glucosa	
		En la reacción de Maillard	Preservantes del dulce de leche
A	B	(g/100g)	(g/100g)
84	87,10	34,21	65,79
86	93,66	43,82	56,18
86	85,40	23,84	76,16

Fuente: Datos de los autores con base a experimento.

En la tabla 10 se presentan los diversos valores de tasa de transformación enzimática de lactosa expresando mayor actividad en la formulación II (70,06 %) y la menor en la formulación III (60,52%).

8.14 TASA DE TRANSFORMACIÓN ENZIMÁTICA DE LACTOSA CON BASE EN SU NIVEL FINAL

Los cálculos se realizaron de igual forma que en el caso anterior pero con la variación de utilizar los valores finales de lactosa (en las formulaciones).

En la tabla 10 se presentan los valores de tasa de transformación enzimática de lactosa, ocurriendo así mismo el mayor valor para la formulación II y el menor en la formulación III (85,40 %).

Es claro que ambas formas de establecer la transformación enzimática de la lactosa de la leche que hace parte de los ingredientes de las formulaciones del "dulce de leche" son útiles para discriminar dichas "fases de transformación". Se observa así que es en la formulación II como se logra producir un arequipe, con mayor transformación de lactosa (que en ciertos individuos puede producir trastornos intestinales ya sea por su intolerancia per se o por rechazo en el adulto por falta de actividad de la lactasa conveniente desde el punto de vista digestivo individual).

Es necesario aclarar que estos resultados no deben ser considerados desde el punto de vista de la concentración enzima (0,014 %) en la formulación III sino que deben ser tenidos en cuenta el resto de los ingredientes como parte esencial del sistema de transformación enzimática.

8.15 CONTENIDO DE GLUCOSA

La glucosa, azúcar hexosa, monosacárido, es útil en la elaboración de estas clases de alimentos transformados por su papel del secuestrante de agua, evitando el crecimiento de microorganismos, además produciendo color, sabor

agradable, al originarse empardeamiento no enzimático o reacción de Maillard (aparición de moléculas estables complejas coloreadas entre amarillas y pardo oscuro, formadas por la glucosa y otros azúcares reductores con proteínas o aminoácidos, inclusive por reacción lípido – proteico).

Se puede establecer entonces la fracción porcentual de glucosa, involucrada en el empardeamiento no enzimático y la que hace parte del sistema de grados Brix en cada dulce de leche (fracción que tiene un efecto benéfico conservador).

En las tablas 4 y 8 se observa que el contenido de glucosa es igual a 1,52 g/100 g,

En la tabla 9, la cantidad de este mismo monosacárido es igual a 1,00 g/100 g (glucosa que actúa como conservante).

a. Cantidad de glucosa involucrada en el empardeamiento no enzimático:

$$1,52 \text{ g} / 100 \text{ g} - 1,00 \text{ g} / 100 \text{ g} = 0,52 \text{ g} / 100 \text{ g}$$

Es decir $\frac{0,52}{1,52} \times 100 = 34,21\%$

b. Cantidad de glucosa que permanece en el dulce de leche como conservante:

$$\frac{1,0 \text{ g} / 100 \text{ g}}{1,52 \text{ g} / 100 \text{ g}} \times 100 = 65,79\%$$

Se establece así que el mayor empardeamiento ocurrió con la formulación II (glucosa involucrada: 43,28 g/100g) y el menor con la formulación III glucosa involucrada 23,84 g/100g).

8.16 VALOR CALÓRICO DE LOS DULCES DE LECHE

Son componentes alimenticios de los dulces de leche; proteínas, grasas y carbohidratos (lactosa, glucosa y sacarosa).

Con el fin de determinar los valores calóricos de los dulces se emplearon los factores de ATWATER.

Alimento	Kcal/g
Proteína	4,00
Grasa	9,00
Carbohidrato	4,00

En la tabla 10 se presentan los valores calóricos de cada uno de los dulces (en kcal/100g producto alimenticio).

El aporte de calorías proveniente de proteínas se determinó utilizando los valores presentados en las tablas 7 (niveles de proteínas) y 4, 5, 6 (porcentualidades de enzimas agregadas).

Por ejemplo con el dulce de leche elaborado con la formulación I:

$$\text{Cantidad de proteína (g / 100g)} = 3,33 \text{ (tabla 5)} + 0,013 \text{ (tabla 2)} = 3,343$$

$$\text{Aporte calórico por proteína (kcal/100g)} = 3,343 \text{ g/100g} \times 4,00 \text{ kcal/g} = 13,31$$

Las calorías aportadas por glucosa y lactosa respectivamente fueron determinadas con los valores presentados en la tabla 7. Los aportes calóricos de sacarosa fueron determinados con los niveles de este azúcar que aparece en las tablas 4 y 6.

Tabla 10. Aportes calóricos de los componentes alimenticios de dulces de leche. Según los factores de ATWATER

Parámetros	Formulación					
	I	Nivel	II	Nivel	III	Nivel
	Kcal/100g	porcentual (%)	Kcal/100g	porcentual (%)	Kcal/100g	porcentual (%)
Proteína	13,37	5,33	9,98	4,38	14,10	5,45
Grasa	61,29	24,42	52,29	22,54	69,75	26,96
Lactosa	5,80	2,31	5,76	2,53	6,68	2,58
Azúcar refinada	166,50	66,35	55,88	68,40	163,60	63,23
Glucosa	4,00	1,59	4,00	1,76	4,60	1,78
Total calorías (Kcal/100g)	251,02	100,00	72,03	100	258,08	100

Fuente: Datos de los autores con base en experimentación

Es claro que la mayor distribución porcentual de calorías de los dulces de leche elaborados con sendas formulaciones son derivados de sacarosa 63,23; 63,35 y 68,40 respectivamente, siendo los dulces 1 y 3 los que mayor cantidad de calorías aportan (166,56 y 163,60 Kcal/100g).

En el valor nutricional de un compuesto alimenticio deben considerarse los efectos alimenticios de proteínas (que se relacionan con el valor biológico o como son

aprovechados los aminoácidos esenciales de la dieta a nivel celular) grasas y carbohidratos (ambos relacionados con los procesos energéticos y esenciales de las funciones de las membranas, músculos, glándulas, cerebros) y vitaminas y minerales en los procesos catalíticos metabólicos.

Desde el anterior punto de vista los tres dulces de leche muestran bajo nivel proteico (entre 2,48 y 3,51 g/100g) proteína de primera clase "o" "completos" (por contener completos el pool de aminoácidos esenciales), pues provienen de un compuesto alimenticio de origen animal.

Se deduce entonces que estos dulces son aportantes de aminoácidos esenciales (Ileucina, isoleucina, lisina, fenilalanina, metionina, tirosina, treonina y valina) contribuyendo así el logro de un excelente valor biológico en la dieta.

En una dieta mixta es conveniente nutricionalmente que un mínimo del 55% de la energía total diaria sea derivada de carbohidratos. Entre las razones los carbohidratos son un combustible muy eficaz para el trabajo muscular³⁶. Las dietas bajas en carbohidratos producen síntomas de fatigas y menor fuerza muscular comprometiendo el rendimiento en el trabajo. Por otro lado la glucosa es esencial puesto que sirve para proporcionar energía al cerebro e interviene en la síntesis de glóbulos rojos, además la síntesis de proteína, a nivel ribosomal, requiere aporte energético proveniente exclusivamente de glucosa y no de grasa.

³⁶ ENCICLOPEDIA COLUMBIA DE NUTRICIÓN. México: Grijalva, S.A. 1994.

Dentro de este contexto es conveniente destacar que el dulce de leche elaborado con las tres formulaciones derivan en 22,94 % de la energía total a parte de grasa de leche que como se conoce presenta grandes niveles de ácidos grasos saturados y concomitantemente colesterol que presentan altas restricciones desde el punto de vista de la nutrición y la salud.

En general en un nivel de hasta el 30 % del total de calorías, la grasa aporta suficiente energía para trabajar, condicionando la mezcla de calorías totales y proteínas sea adecuada, una reducción en el consumo dietético de grasa (hasta el 10% del total de calorías) no afecta el desempeño laboral y puede ofrecer beneficios a largo plazo, no obstante en ambientes muy fríos una dieta rica en grasa (50 a 60 % del total de calorías) permite controlar la temperatura corporal.

Condición que no es la propia de Santa Marta, ni el resto de la región de la costa norte del país.

Se destaca entonces que los dulces de leche elaborados con la formulación I y III muestran aportes calóricos derivados de grasas iguales a 24,42 y 26,96 % respectivamente. Estos excelentes niveles porcentuales de energía derivada de carbohidratos (66,35 y 63,23 %) indican que per – se dichas formulaciones proporcionan dulces con mejor perfil nutricional energético que la formulación II. No obstante mostrar la formulación II mayor transformación de lactosa por acción

enzimática es razonable recomendar desde el punto de vista nutricional los dulces i y li por todo lo anteriormente discutido.

Se llega entonces a la necesidad de investigar otras porcentualidades de enzima pero manteniendo en lo más posible constantes los niveles de los otros ingredientes (glucosa, lactosa, sacarosa, bicarbonato citrato) en las formulaciones del dulce.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS DE LA DEGUSTACIÓN DEL AREQUIPE (DULCE DE LECHE)

Tabla 11. Resultados obtenidos durante la degustación de arequipes

CATADORES	Número de formulación de arequipes		
	1	2	3
	x	y	z
1	17	16	15
2	20	18	18
3	21	34	19
4	28	28	26
5	20	27	18
6	26	25	25
7	13	13	12
8	19	23	19
9	24	35	23
10	23	29	23
11	30	37	28
12	39	35	37
13	8	26	26
14	26	26	24
15	27	28	24
16	23	25	20
17	30	35	28
18	25	24	22
19	20	26	18
20	25	27	23

Tabla 11. Continuación

CATADORES	1	2	3
	X	y	z
21	33	33	30
22	22	26	20
23	32	34	30
24	30	23	28
25	30	25	28
26	26	27	25
27	25	26	23
28	20	29	18
29	28	27	26
30	27	23	25
31	20	35	18
32	35	34	33
33	17	34	15
34	24	37	22
35	25	25	23
36	22	20	20
37	25	20	23
38	16	20	14
39	24	27	22
40	27	29	25
41	26	28	24

Tabla 11. Continuación

CATADORES	1	2	3
	x	y	z
42	30	29	28
43	27	29	25
44	35	29	33
45	18	28	16
46	25	30	23
47	28	30	26
48	25	28	23
49	22	23	20
50	18	29	16
Total	1241	1.359	1.150

Fuente: Datos de los autores con base a encuestas.

Valores de x:

Media	Mediana	Moda
25.160	25	25
Varianza	Rango	Desviación standar
28,219	26	5.312
Valor mínimo	Error estándar	Valor máximo
13	0,751	39

Valores de y:

Media	Mediana	Moda
27,080	27	27,29
Varianza	Rango	desviación standar
24.034	22	4.902
Valor mínimo	Error standar	Valor máximo
13	0,693	35

Valores de z:

Media	Mediana	Moda
23,00	23,00	23,00
Varianza	Rango	desviación standar
26,571	25,00	5.155
Valor mínimo	Error standar	Valor máximo
12,00	0,729	37,00

Se deduce por lo tanto que la aplicación de la enzima lactasa mejora los atributos del arequipe y por ende la calidad del mismo.

- ❖ La muestra 50 catadores (percepción gustativa).
- ❖ La población o universo son los consumidores del arequipe.
- ❖ La muestra es representativa de la población o universo (los 50 catadores representan a los consumidores del arequipe) se puede inferir importantes conclusiones sobre la población a partir del análisis de la muestra (estadística inductiva o inferencia estadística), ya que dicha inferencia no es del todo exacta se tiene que hablar de probabilidades al establecer las conclusiones.

En consecuencia se pueden inferir conclusiones sobre los consumidores del arequipe relacionados con sus preferencias gustativas (sabor, aroma, textura) como catadores de atributos de un arequipe de calidad.

En la degustación se convino con los catadores las calificaciones que estuvieran comprendidas entre los intervalos de 12 –18 malos, 19 –24 regular, 25 – 30 bueno, 31 – 36 muy bueno y 37 – 42 excelente.

La calidad del arequipe es función de los atributos, sabor característicos, textura, no cristalización homogeneidad, etc.

La característica del arequipe **C** es la variable dependiente y los atributos **a** son la variable independiente.

Calidad = C

Atributos = a (calificación a los atributos del arequipe) = X

$a = x$

Atributos = a (calificación a los atributos del arequipe y) = y

Calidad = c

Atributos = a (calificación a los atributos del arequipe) = x

$a = x$

Atributos = a (calificación a los atributos del arequipe y) = y

$a = y$

$c = f(a)$

c = se determina a partir de a

1. $c = f(a) = a^2 \rightarrow c = a^2$ es una función de color transformación para la calidad

Si $a = x$

$$C = f(x) = x^2$$

$$c = f(\bar{x}) = \bar{x}$$

2. Si $a = y$

$$C = \bar{x}^2$$

$$C = f(y) = y^2$$

$$C = f(\bar{y}) = \bar{y}^2$$

$$C = \bar{y}^2$$

3. Si $a = z$

$$C = f(z) = z^2$$

$$C = f(z^-) = y^2$$

$$C = \bar{z}^2$$

Las variables independiente tiene un conjunto prefijado de valores llamado dominio; estas variables son continua pueden tomar cualquier valor entre el mínimo y el máximo. Los datos que admiten descripción mediante una variable continua se denominan datos continuo³⁷. En el presente caso se ha extendido la noción de variable a entidades no numérica como son: La percepción del sabor, textura etc, al degustar el arequipe se sustituyeron esas variables por entidades numérica por ejemplo denotando el aroma y su característica por un valor mínimo

³⁷ LACERA RÚA, Armando. Conferencia análisis bromatológico laboratorio de química, Universidd del Magdalena, Santa Marta, Colombia. P. 30.

de 4 y uno máximo de 9; a las apariencia y color por un valor mínimo de 1 y lo un valor máximo de 4; a cuerpo y textura un mínimo de 0 y un máximo de 7. Optándose al final por asignar un valor global de 0 a 42 como calificación a las preferencias gustativas de calidad por los catadores del arequipe x y los catadores del arequipe y . A mayor valor de a mayor calidad y a menor valor de a menor calidad como podemos observar los catadores del arequipe x le dieron unos valores.

Al hacer los análisis estadísticos se dedujeron los siguientes resultados:

Cuadro 4. Resultado de las pruebas de arequipe con formulación 1 (x)

Media	25,160	Desviación estándar	5,312
Mediana	25	Valor mínimo	13
Moda	25	Valor máximo	39
Varianza	28,219	Error estándar	07,51
Rango	26		

Fuente: Datos de los autores con base a encuestas

Se calculó un valor a la media aritmética \bar{x} de 25,160 correspondiente a la calidad valorada por los catadores.

Los catadores de arequipe y dieron unos valores los cuales al hacer los análisis estadísticos arrojan los siguientes resultados

Cuadro 5. Resultado de las pruebas de arequipe con formulación 2 (y)

Promedio	27,18	Varianza	24,034
Rango	22,00	Descripción estándar	4,902
Media	27,080	Valor mínimo	13,000
Mediana	27,00	Valor máximo	35,00
Moda	27,29	Error estandar	0,693

Fuente: Datos de los autores con base a encuestas

Al arequipe y se calculó valor para la media aritmética de y - 27, 080.

correspondiente a la calidad por ellos valorada.

Cuadro 6. Resultado de las pruebas de arequipe con formulación 3 (z)

Promedio	27,18	Varianza	26,571
Rango	25,00	Desviación estándar	5.155
Media	27,080	Valor mínimo	12,00
Mediana	23,00	Valor máximo	37,00
Moda	23,00	Error estandar	0,729

Fuente: Datos de los autores con base a encuestas

Se calculo un valor a la media aritmética \bar{z} de 27,08 correspondiente a la calidad valorada por los catadores.

La media, mediana y moda son medida de tendencia central ya que tales valores suelen situarse hacia el centro del conjunto de datos ordenados por magnitud. La distribución de frecuencias acumuladas se realizan mediante una tabla determinándose los intervalos de clase.

Los datos organizados en clases como en las siguientes distribuciones (véase tabla 12, 13 y 14) se llaman datos agrupados aunque el proceso de agrupamiento distribuye en general detalles de los datos iniciales, es muy ventajosa la visión nítida obtenida y las relaciones evidentes que saca a la luz.

Tabla 12. Valores de frecuencia resultante durante la degustación del arequipe según formulación I (x)

VALORES	NÚMERO DE CATADORES
13 – 18	6
19 – 24	14
25 – 30	24
31 – 36	5
37 – 42	1
Total	50

Fuente: Datos de los autores con base a encuestas.

**Tabla 13. Valores de frecuencia resultante durante la degustación
del arequipe según formulación II (y)**

VALORES	NÚMERO DE CATADORES
13 – 18	3
19 – 24	8
25 – 30	30
31 - 36	9
37 – 42	0
Total	50

Fuente: De los autores con base a las encuestas

Observando la tabla 12 en la clase con intervalo de valores de 31 – 42 se ubican seis catadores con una frecuencia relativa de 0,12 que es lo mismo que el 12 %.

Mirando la tabla 12, en la clase con intervalos de 31 – 42 se ve que se ubican nueve catadores con una frecuencia relativa de 0,18 que es lo mismo que el 18 %.

**Tabla 14. Valores de frecuencia resultante durante la degustación
del arequipe según formulación III (z)**

Intervalo de frecuencia	Número catadores
12 – 18	11
19 – 24	20
19 – 24	0
25 – 30	16
31 – 36	2
37 – 42	1
	50

Fuente: De los autores con base a las encuestas

El punto medio entre los intervalos 31 – 42 es de 36.5 y el punto medio entre la clase con intervalo 31 – 36 es de 33,5. quiere decir que el 18 % de los catadores le dio un valor de calidad muy bueno al arequipe “y” y el 12 % de los catadores también le dio un valor de calidad al arequipe “x”.

Mirando la tabla 13, en la clase con intervalo de valor de 13 – 18 se ve que se ubican tres catadores con una frecuencia relativa de 0,06 que es lo mismo que el 6 % dándole un valor de calidad malo, observando la tabla 12 en la clase intervalo de 13 – 18 se ve que se ubican seis catadores con una frecuencia relativa de 0,12 que es lo mismo que el 12 % dándole un valor de calidad malo.

Analizando la tabla 13 con los intervalos de 25 – 30 se ve que se ubican 30 catadores con una frecuencia relativa de 0,6 es decir que el 60% le da un valor de calidad buena al arequipe “X”.

Analizando la tabla 12, con intervalo con valor de 25 – 30 se ubican 24 catadores con una frecuencia relativa de 0,48 que equivale al 48 % es decir, que se daría un valor de calidad bueno al arequipe “y”.

Analizando en la tabla 13 con intervalo en los valores 19 – 24 se ubican ocho catadores con frecuencia relativa de 0,16 % que equivale al 16 % es decir, que le dieron un valor de calidad regular al arequipe “X”.

Analizando la tabla 12 con intervalo con los valores 19 – 24 se ubican 14 catadores con frecuencia relativa de 0,28 % que equivale a 28 % es decir que le dieron un valor de calidad regular al arequipe “y”.

Analizando la tabla 14 con intervalo de valores entre (25 – 30) se observa que se ubican 16 catadores con una frecuencia relativa de 0,32 que equivale al 32%, es decir este porcentaje de catadores le dan un valor de calidad bueno al arequipe.

En la clase de intervalos del 31 – 42, el punto medio es 36,5.

En la clase de intervalo de la tabla 14 (31 – 36) hay una frecuencia relativa de 0,04, es decir solo el 4% de los catadores se dio un valor de calidad muy bueno.

En la clase con intervalo del 37 – 42 de la tabla 14 hay una frecuencia relativa de 0,02 es decir el 2%. Solo el 2% de los catadores le dio un valor excelente al arequipe de la muestra 3.

En la clase con un intervalo del 25 .- 30 de la tabla 14, hay una frecuencia relativa de 0,32 es decir el 32% de calidad de la muestra 3 le dieron una calificación de bueno al arequipe de la muestra 3.

En clase con intervalo del 19 – 24 de la tabla 14 hay una frecuencia relativa 0,4 es decir el 40% de los catadores de la muestra z; le dieron una calificación de regular al arequipe de la muestra.

En la clase con intervalo del 12 – 18 de la tabla 14 hay una frecuencia relativa de 0,22 que equivale al 22% le dará una calificación de malo al arequipe de la muestra.

- Polígono de frecuencia acumulada (x, y, z)
- Curva de frecuencia (x, y, z)

El rango, la desviación media, la desviación estándar, son medida de la depresión o variación de los datos.

La varianza es el cuadrado de la desviación típica o estándar.

Las calificaciones o datos de la degustación del arequipe "x" están más disperso que en el arequipe "y", lo cual se desprende de valores más alto de desviación estándar (5, 312) y rango (26) para la degustación del arequipe "x". Igual que z.

Si la muestra de 50 catadores es representativa de la población de consumidores de arequipe; las tablas 8, 9 y 10 y las curvas suavizadas de frecuencia A y B y Z, su respectivo polígono de frecuencia pueden considerarse como curva suavizada y polígono de frecuencia de esa población (consumidores de arequipe no los catadores).

Esta hipótesis es correcta solo si cada preferencia relevante de las características del arequipe por parte de los consumidores en general tienen la misma posibilidad de las percibida y calificada en la muestra.

Si se analizan los resultados de la degustación del arequipe x y z partiendo de la ecuación o función de transformación para determinar el nivel de calidad dada por los catadores se tiene:

(x)

$$C = y^{-2}$$

$$\text{Calidad} = (15,60)^2$$

$$\text{Calidad} = 655,36$$

(y)

$$c = x^{-2}$$

$$\text{Calidad} = (27,08)^2$$

Calidad = 733,32 si se hace lo mismo con los datos del arequipe y.

(z)

$$C = z^{-2}$$

$$\text{Calidad} = (23,00)^2$$

$$\text{Calidad} = 529,0$$

Se observa un mayor grado de calidad de los atributos del arequipe x con una diferencia aproximada de 78%.

La no cristalización, la textura y el sabor son atributos fundamentales para obtener un arequipe de buena calidad. En términos generales el arequipe y fue percibido de mejor calidad que el x, según los datos estadísticos, fueron percibidos ambos como de buena calidad en comparación con las referencias gustativas de los catadores. Esto se puede justificar en la medida que se tenga en cuenta la no cristalización, la textura, son atributos fundamentales preferido por los consumidores.

En este trabajo el arequipe y, se le aplico en su procesamiento la enzima lactasa, lo cual inhibe la cristalización al arequipe x y z se le aplica la enzima en menor cantidad igual que el bicarbonato.

La no cristalización, la textura y el sabor son atributos fundamentales para obtener un arequipe de buena calidad. En términos generales el arequipe y fue percibido de mejor calidad que el x y z, según los datos estadísticos, fueron percibidos ambos como de buena calidad en comparación con las referencias gustativas de los catadores. Esto se puede justificar en la medida que se tenga en cuenta la no cristalización, la textura, son atributos fundamentales preferido por los consumidores.

Se ha podido fallar en otros atributos como concentración de glucosa por volumen de leche en aras de obtener la no cristalización. De todas maneras los resultados son validos y se ajustan a los objetivos trazados en la investigación y la hipótesis.

10. CONCLUSIÓN

Como se puede observar en las tres muestras o formulaciones la que tuvo mayor cantidad de enzima adicionada fue la número 3, sin embargo fue la muestra N° 2 la de mayor actividad enzimática por lo cual se concluye que juega un papel importante también las concentraciones de bicarbonato, citrato, glucosa y azúcar refinada.

El dulce de leche elaborado por la formulación número 1 y 3 son las que mayor calorías aportan.

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que para obtener un arequipe no cristalizable durante el periodo de almacenamiento a 4 °C se necesita primero que todo una materia prima de excelente calidad físico química y microbiológica sin conservantes ni aditivos.

Las tres formulaciones arrojan un arequipe de excelente calidad y no cristalizable, pero teniendo en cuenta el valor nutricional y el bajo aporte calórico y la mayor transformación de la enzima lactasa ya que se estaría hablando de la formulación N° 2 como la ideal.

Una optima aplicación de la enzima lactasa mejora los atributos del arequipe y por ende la calidad del mismo. La adición de la enzima lactasa a 40 °C es recomendable para dar un arequipe con las características anteriormente mencionadas.

El arequipe objeto del presente estudio estuvo en almacenamiento a 4 °C por siete meses, conservando sus características organolépticas y cumpliendo el objetivo de no cristalización.

A pesar de contener bajos niveles de proteínas los tres dulces de leche contienen completos el pool de aminoácidos esenciales importante en el valor nutricional, aportándolos en la dieta.

Los dulces 1 y 3 según los aportes de caloría muestran un perfil nutricional muy bueno aunque el dulce 2 tenga mayor transformación enzimática.

11. RECOMENDACIONES

Después de muchos ensayos se pudo elaborar un arequipe que cumpla con las exigencias del consumidor y sobre todo con los objetivos propuestos.

Se recomienda entonces que para su elaboración se cumplan ciertos requisitos o parámetros en cuanto a la utilización de la materia prima.

Para futuros ensayos se debe trabajar con diferencias bien marcadas de enzima adicionada ya que la cantidad que se utilizó en los tres ensayos de esta investigación era muy pequeña su diferencia, arrojando resultados muy cercanos el uno del otro pero siempre notándose la calidad del arequipe y como el mejor arequipe elaborado con la formulación N° 2.

La aplicación de la enzima lactasa en la industria para la elaboración del dulce de leche (arequipe) debe ser incluido como aditivo primordial para obtener un producto de excelente calidad y mayor durabilidad.

BIBLIOGRAFIA

AJENJO CECILIA, Cesar. Enciclopedia de la leche. Madrid: Espas – Calpe, S.A. 1956 . P. 378

ALAIS, Ch. Ciencia de la leche. Barcelona: Reverté S.A 1.995

_____, "Ciencia de la leche". Principios de técnicas lechera. Barcelona: Reverté. S.A. 1985. 873 p.

BACTERIOLOGICAL ANALYTICAL MANUAL. AOAC International.

BADUI DERGAL, Salvador. Química de los alimentos. 1 ed. México: Alhambra Mexicana S.A. de C.V. 1981 583 p.

_____, 2 ed. 1990

_____, 3 ed. 1993. 648 p.

BERNAL DE RAMIREZ, Inés. Análisis de alimentos. Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturaleza. Santafé de Bogotá: Guadalupe, Ltda.. 1993. P.313.

BURTON, D. J., ROUTH, J. L. Química Orgánica y Bioquímica. México: Mc Graw – Hill. 1995. 416 p.

CAGLIANI, Martín. Estudiante de Antropología, Arqueología e historia en la facultad de filosofía y letras de la Universidad de buenos Aires.

CENTRO TECNOLOGICO DE LA LECHE. Universidad de Australia. M.S.C. En: Ciencia y tecnología de la leche.

CHEFTEL, Jean Claude, CHEFTEL Henry. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. vol 1. Zaragoza: Acribia. 1.983.

DANE. Anuarios de la industria manufacturera.

EARLE, R. L. 1979

ENCICLOPEDIA COLUMBIA DE NUTRICIÓN. México: Grijalva, S.A. 1994.

ESAIN ESCOBAR, Jaime. Fabricación de productos lácteos. Zaragoza: Acribia.

FENNEMA, Owen R. Principles of Food Science. Part 1: Food Chemistry. Edited by Owen R. Fennema. New York: Marcel Dekker. 1976. 192 p.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. Bacteriological Analytical Manual. 7 ed. Arlington: AOAC International. 1992. 258 p. ISBN 0-935584-49-8

GACESA, Peter, HUBBLE, John. Tecnología de las enzimas. Zaragoza: Acribia, S.A. 1990. 205 p.

<http://www.Fruttitub.Com/queesarequipe.htm>

GARCÍA CASTRO, Alberto. Ingeniero químico. Universidad Las Américas. Bogotá.

GEKNAS & LOPEZ – LEYVA. 1985

GIST BROCADES. Folletos de biotecnología al servicio de la alimentación, la salud y el medio ambiente. Holanda: Gist Brocades.

HOYD, L.E.; MC DONALD, B. E. y CRAMPTON, E. Fundamentos de nutrición. Zaragoza (España): ACRIBIA. 1982. 464 p.

<http://www.cigb.edu.cu/e/gala.e.html>

<http://www.Fruti.Com/queesarequipe.htm>

LACERA RÚA, Armando. Conferencia análisis bromatológico laboratorio de química, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia. P. 30.

LOPEZ F., Niño de PI, ACOSTA E. SÁNCHEZ M., Avendaño H., Moisés H. Análisis físico químico y microbiológico de leche. Manual de técnicas, Bogotá. Instituto Nacional de Salud. 1982

LUUXREMA, J. Ingeniero de Gist Brocados N. V. Sep/oct. De 1978

MARTH, Elmer H. Standard Methods for Examination of Dairy Products. 14 ed. Boston: American Public Health Association. 416 p.

MILLIPORE. 1995

NOVO NORDISK. Lactosym enzyme procesos división. Dinamarca.

REVILLA, Aurelio. Tecnología de la leche: procesamiento, manufactura y análisis. San José Costa Rica: Ilca. 1985.

TOLEDO, Romes T. 1980

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Seccional Medellín. Facultad de ciencias agropecuarias. Departamento de Ingeniería agrícola y alimento. Principio de procesamiento y control de calidad de leche. 1992. P. 3-50.

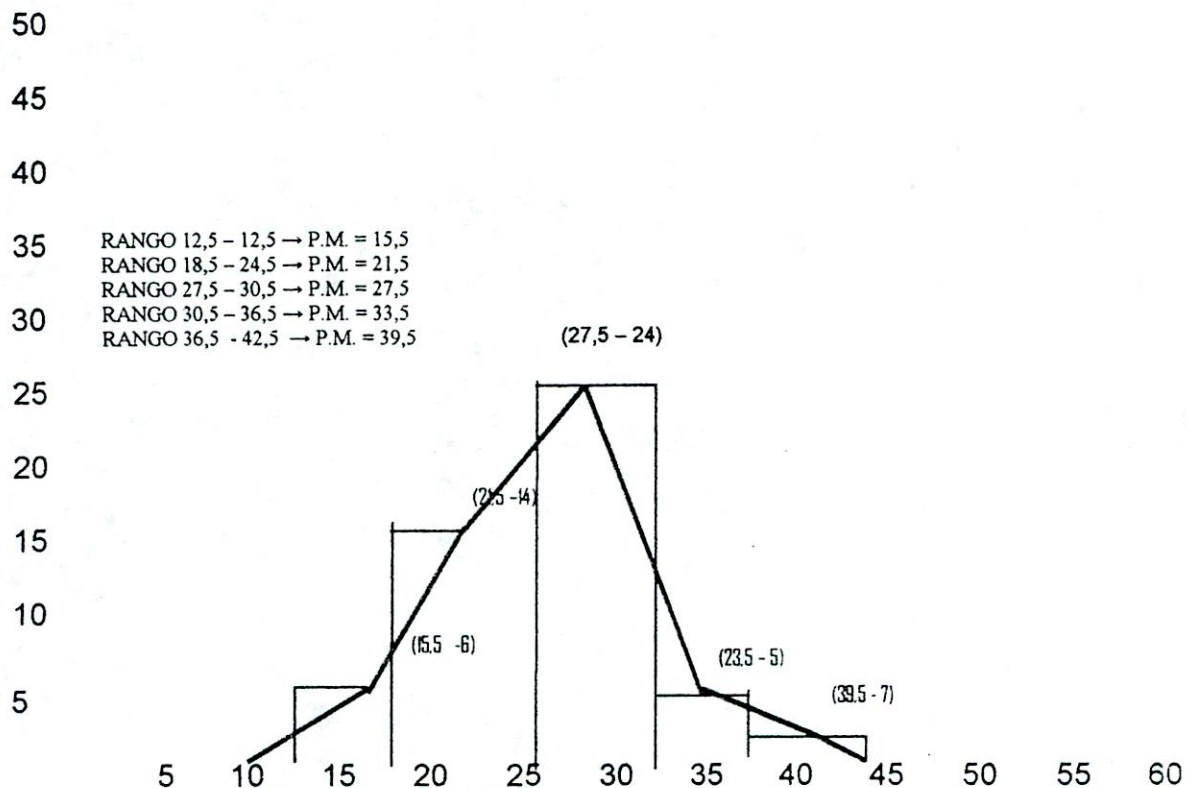
URISSEYRE, Royer. Lactosa técnica: composición recogida, tratamiento y transformación de la leche. Acribia.

VEISSEYRE, Roger. Lactología técnica. Composición, recogida, tratamiento y transformación de la leche. 2 ed. España: Acribia. 629 p.

ANEXOS

Anexo 1. Arequipe "x" polígono de frecuencia: A (Muestra N° 1)

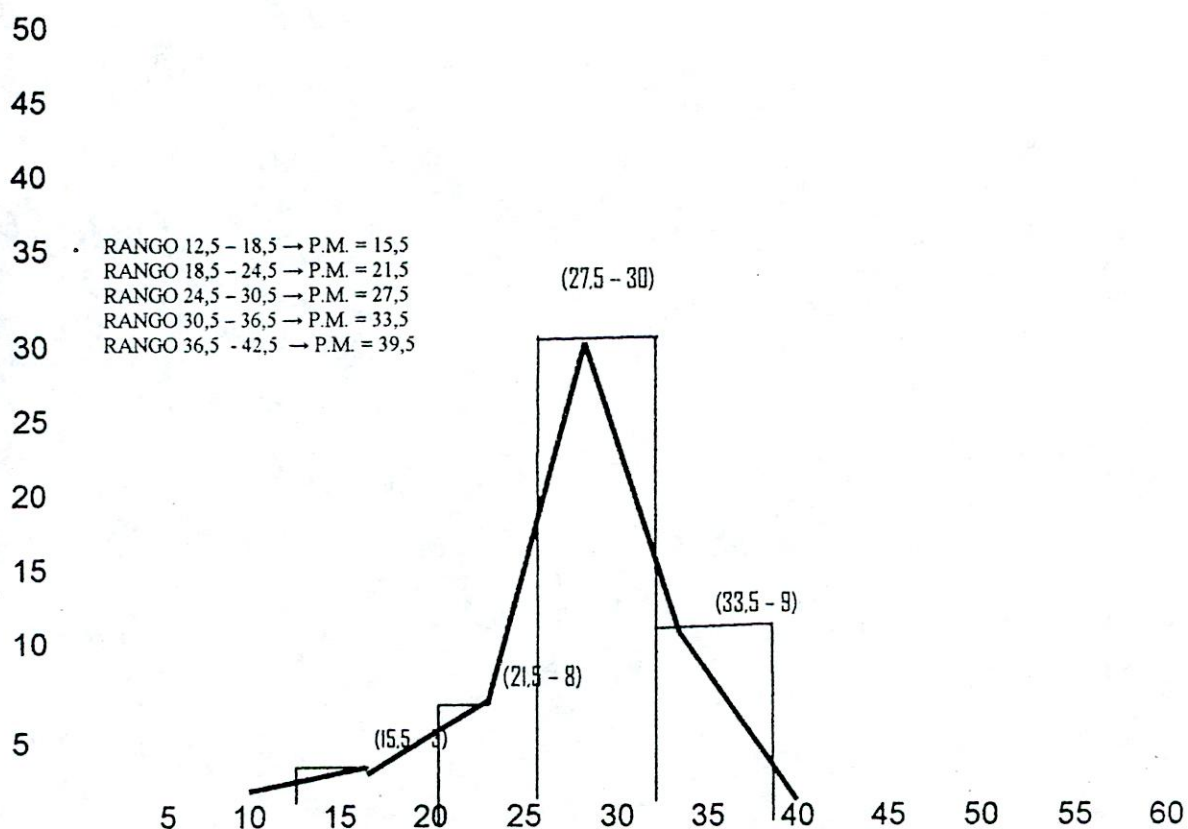
HISTOGRAMA: A



VALORES DE LAS CALIFICACIONES (Punto medio de rangos)

Anexo 2. Arequipe "y" Polígono de frecuencia e histograma: B

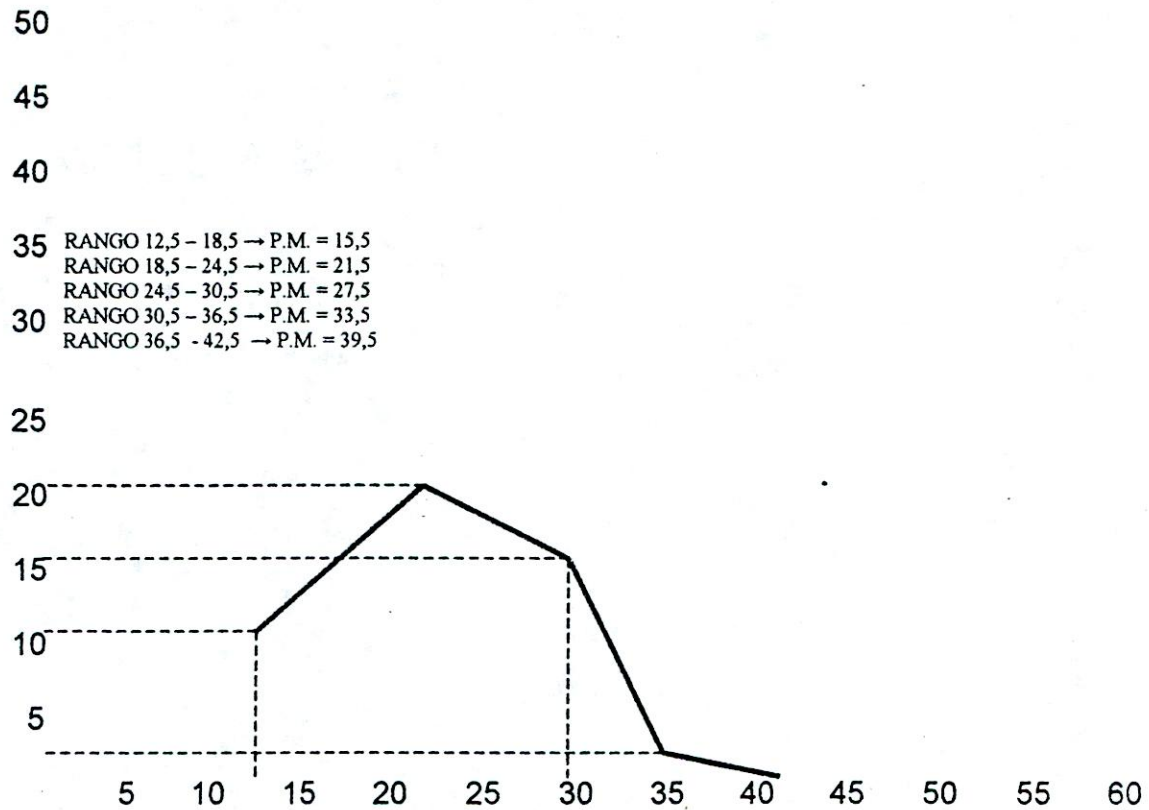
(Muestra N° 2)



VALORES DE LAS CALIFICACIONES (Punto medio de rangos)

Anexo 3. Arequipe "z" (Muestra N° 3)

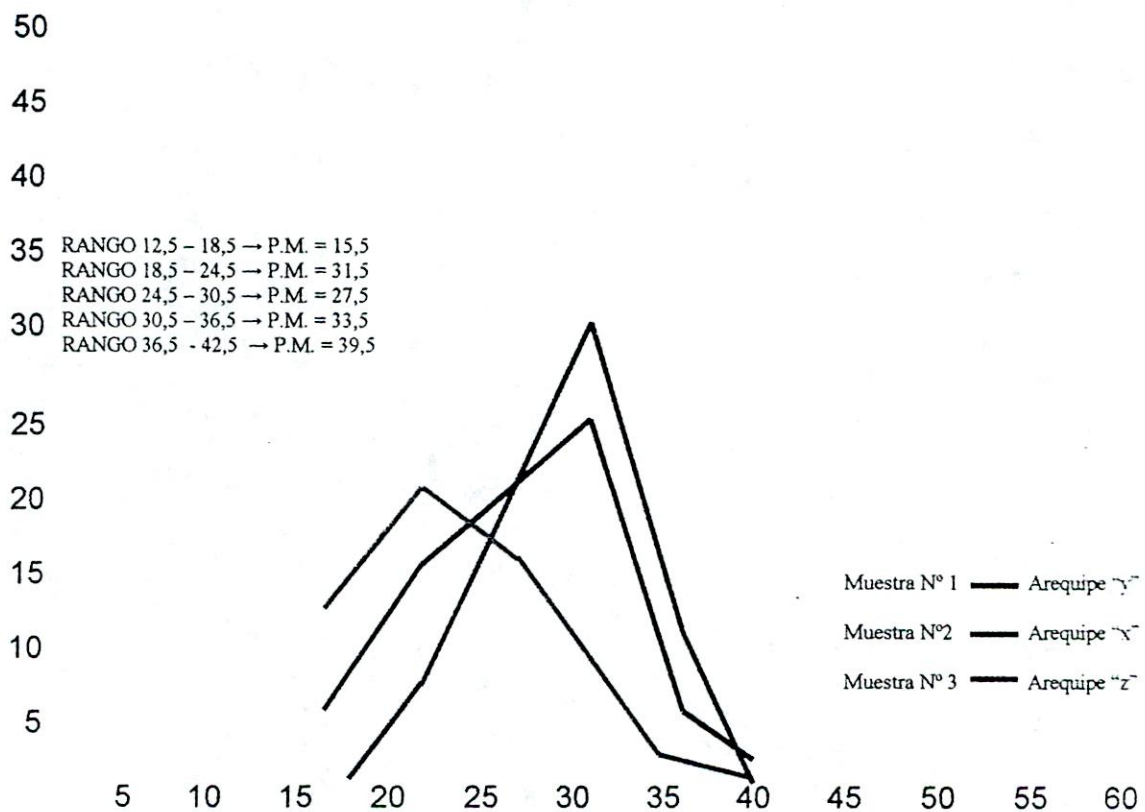
HISTOGRAMA: C



VALORES DE LAS CALIFICACIONES (Punto medio de rango)

Anexo 4. Arequipe "x, y, z"

Polígonos de frecuencia: A, B y C (Muestras 1 – 2 - 3)



VALORES DE LAS CALIFICACIONES (Punto medio de rangos)

ANALISIS SENSORIAL DE AREQUIPE

Nombre: _____ Fecha: _____ Sexo: __ Edad: __

Instrucciones.- Coloque en cada muestra en las casillas a la derecha el puntaje de los factores de calidad dados a la izquierda. Se da el puntaje máximo al producto optimo.

FACTOR DE CALIDAD	PUNTAJE MÁXIMO	MUESTRA NUMERO		
		1	2	3
APARIENCIA Y COLOR				
• Crema oscuro	4			
• Lechoso	4			
• Uniforme	4			
• Consistencia uniforme	4			
• Sin formación de espuma	4			
• Color no uniforme	2			
• Capas más claras	2			
• Muy viscosa	2			
• Con sedimento	1			

• Con metanol cristalino o granular	1			
---	---	--	--	--

AROMA Y SABOR				
• Característico, dulce	9			
• A caramelo	7			
• Metálico	4			
• Rancio	4			
• A cebo	4			

CUERPO Y TEXTURA				
• Grano fino	7			
• Suave	7			
• Textura uniforme	7			
• Con terrones	5			
• Muy espeso	5			
• Parte del producto se gelatiniza	5			
• Separación de grasa	5			
• Arenoso	5			
• Áspero	5			

